



500.42823X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): TOMIMATSU, et al

Serial No.: 10/619,445

Filed: July 16, 2003

Title: APPARATUS FOR SPECIMEN FABRICATION AND METHOD FOR
SPECIMEN FABRICATION

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

October 3, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby
claim(s) the right of priority based on:

Japanese Patent Application No. 2003-001665
Filed: January 8, 2003

A certified copy of said Japanese Patent Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/rp
Attachment

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 1月 8日
Date of Application:

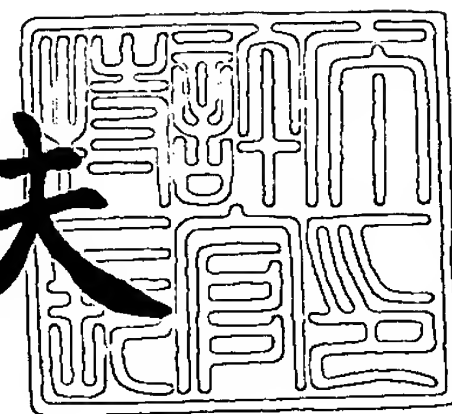
出願番号 特願2003-001665
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-001665]

出願人 株式会社日立ハイテクノロジーズ
Applicant(s):

2003年 9月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3074680

【書類名】 特許願

【整理番号】 H02015451A

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/66

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

 【氏名】 富松 聡

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

 【氏名】 福田 宗行

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

 【氏名】 志知 広康

【特許出願人】

 【識別番号】 501387839

 【氏名又は名称】 株式会社日立ハイテクノロジーズ

【代理人】

 【識別番号】 100075096

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 作田 康夫

 【電話番号】 03-3212-1111

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 試料作製装置および試料作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料基板を載置する可動の試料台と、前記試料基板の所望領域近傍に加工ビームを照射し前記試料基板の所望領域を含む微小試料を切り出すためのエネルギービーム光学系と、前記基板の所望領域近傍にその一部を接触させるためのプローブと、前記プローブと前記基板の所望領域近傍部を固定するためのプローブ・基板接続手段と、前記微小試料を支持する微小試料ホルダを可動に保持する微小試料ホルダ保持具と、前記プローブと微小試料ホルダの間に電圧を印加して前記プローブと前記微小試料ホルダを通電溶接するプローブ通電回路と、前記プローブを駆動するプローブ駆動装置と、前記プローブ駆動装置を制御してプローブと微小試料ホルダを接近させるプローブ位置制御装置とを有することを特徴とする試料作製装置。

【請求項 2】

前記プローブ位置制御装置は、前記プローブと前記微小試料ホルダ間に電圧印加した後に前記プローブ駆動装置を駆動してプローブを試料ホルダに接近させるものであることを特徴とする請求項 1 記載の特徴とする試料作製装置。

【請求項 3】

前記エネルギービーム光学系が、イオンビームを照射するイオンビーム光学系であることを特徴とする請求項 1 記載の試料作製装置。

【請求項 4】

前記プローブ通電回路を用い、かつ、前記プローブと前記微小試料ホルダ間の印加電圧が 200V 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の試料作製装置。

【請求項 5】

前記プローブ・基板接続手段が、前記プローブと前記基板間への電圧印加により通電溶接する電圧印加回路を有することを特徴とする請求項 1 記載の試料作製装置。

【請求項 6】

試料基板の所望領域にプローブ先端部を固定するプローブ・試料固定工程と、その固定状態を保ったままで、前記基板から前記所望領域を切り出し、前記所望領域を前記試料基板から分離する微小試料分離工程と、前記微小試料を微小試料ホルダの所望位置上へ移動させ、前記微小試料を前記微小試料ホルダ上へ固定し、その後に前記微小試料の固定された前記プローブのうちその先端部分近傍で前記プローブを切断することを特徴とする試料作製方法。

【請求項 7】

前記微小試料の下面と前記微小試料ホルダの間を一定の間隙を保って両者を固定することを特徴とする請求項6記載の試料作製方法。

【請求項 8】

前記プローブと前記微小試料ホルダを通電溶接するプローブ・微小試料ホルダ溶接工程有することを特徴とする請求項6記載の試料作製方法。

【請求項 9】

前記プローブと前記微小試料ホルダの接近は、前記通電溶接のための電圧印加工程の後に行うことを特徴とする請求項 8 記載の試料作製方法。

【請求項 1 0】

試料基板の観察すべき領域の近傍部にプローブ先端部を固定するプローブ固定工程と、前記観察すべき領域を含む微小試料を前記プローブ先端部に固定された状態で前記試料基板から分離する微小試料分離工程と、前記プローブと微小試料ホルダの間に電圧を印加する電圧印加工程と、前記電圧印加工程の後に前記微小試料と前記微小試料ホルダを接近させる微小試料接近工程と、前記微小試料と前記微小試料ホルダを通電溶接して固定する微小試料・微小試料ホルダ溶接工程と、前記微小試料ホルダに固定接続された前記微小試料から前記プローブを切断するプローブ切断工程とを有することを特徴とする試料作製方法。

【請求項 1 1】

前記微小試料分離工程にイオンビーム加工を使用することを特徴とする請求項 1 0 記載の試料作製方法。

【請求項 1 2】

前記微小試料が透過型電子顕微鏡用試料であることを特徴とする請求項 1 0 記

載の試料作製方法。

【請求項 1 3】

前記微小試料の高さは $5\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 0 記載の試料作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、試料作製方法及び装置、さらに詳しくは、半導体ウェーハや半導体デバイスチップ等からそれらの特定微小領域を含む微小試料をイオンビームを用いて分離摘出し、前記特定微小領域の観察、分析、計測を行なうための試料を作製する方法及びそのための装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年半導体素子の微細化が急速に進み、これら半導体素子の構造解析には、通常の走査型電子顕微鏡（以下、SEMと略記する）の分解能では最早観察できない程の極微細構造の観察が要求されるようになってきており、前記のSEMに代えて、透過型電子顕微鏡（以下、TEMと略記する）による観察が不可欠となってきた。このTEM観察では観察対象を電子ビームが透過する膜厚、例えば $100\ \text{nm}$ 程度の厚さに加工する必要がある。このTEM試料作製法として、集束イオンビーム（以下、FIBと称する）加工を用いて試料基板の中の観察すべき部分のみを微小試料としてプローブで摘出する方法がある。この方法については、国際特許公開公報WO 9 9 / 0 5 5 0 6（公知例 1）に開示されている。まず、最初に試料基板上の観察領域（TEM観察用薄膜形成領域）にFIB加工等を用いてマーキングを施しておく。次に、2 個のマーク 2 0 0、2 0 0' を結ぶ直線の延長上で、前記 2 個のマークの両外側にFIB 2 0 1 の照射により 2 個の矩形穴 2 0 2、2 0 2' を設ける（図 2（a））。次に、前記マーク 2 0 0、2 0 0' 間を結ぶ直線と平行に、かつ一端が矩形穴 2 0 2' に達し他端が矩形穴 2 0 2 には僅かに達しないようにして、FIB走査によって細長い垂直溝 2 0 3 を形成する。一方の矩形穴 2 0 2 と垂直溝 2 0 3 との間に残された残存領域 2 0 4 は

、後に、前記観察領域を含む微小試料を試料基板から分離する際、微小試料を仮保持しておくための支持部となる（図 2（b））。前記の工程で水平に保たれていた試料基板面を傾斜させてから、前記マーク 2 0 0、2 0 0' 間を結ぶ直線と平行に、かつ、先に形成した垂直溝 2 0 3 とは反対の側に、F I B 照射によって傾斜溝 2 0 5 を形成する。ここで、前記した 2 個のマーク 2 0 0、2 0 0' 間を結ぶ直線は試料台（図示省略）の傾斜軸と平行に設定されているので、垂直溝 2 0 3 側に対し傾斜溝 2 0 5 側が上となるように試料基板面を傾斜させる。傾斜溝 2 0 5 は、両矩形穴 2 0 2、2 0 2' 間を結んで形成する。傾斜溝 2 0 5 はその底部で先に形成した垂直溝 2 0 3 底部と交わり、その結果、マーク 2 0 0、2 0 0' を含んだクサビ型の微小試料部 2 0 6 が、支持部 2 0 4 だけを残し、試料基板から分離され、支持部 2 0 4 によって片持ち支持された状態となる（図 2（c））。次に、試料基板面を水平に戻してから、微小試料部 2 0 6 の支持部 2 0 4 とは反対側端部に試料移送装置のプローブ 2 0 7 の先端部を接触させる。次いで、微小試料部 2 0 6 にプローブ 2 0 7 先端部を固定接続するために、プローブ 2 0 7 先端部を含む領域に、デポジション用ガスを供給しながら、F I B 2 0 1 を照射（走査）して、該 F I B 照射領域にデポ膜 2 0 8 を形成する。このデポ膜 2 0 8 を介してプローブ 2 0 7 先端部と微小試料部 2 0 6 とが固定接続される（図 2（d））。微小試料部 2 0 6 を試料基板から摘出するために、微小試料部 2 0 6 を仮保持している支持部 2 0 4 に F I B 2 0 1 を照射して、スパッタ加工により支持部 2 0 4 を除去して、微小試料部 2 0 6 を保持状態から開放させる（図 2（e））。これにより、微小試料 2 0 9 は、試料基板から完全に分離摘出された状態となる（図 2（f））。次いで、試料基板から分離摘出された微小試料 2 0 9 をプローブ 2 0 7 先端部に固定接続した状態で微小試料ホルダ 2 1 0 上に移動させる。試料台移動により、微小試料ホルダ 2 1 0 が F I B 2 0 1 の走査範囲内に入ったら、その位置で試料台の移動を停止してから、プローブ 2 0 1 を下方に押し下げ、微小試料 2 0 9 を微小試料ホルダ 2 1 0 上面へと接近させる（図 2（g））。微小試料 2 0 9 が試料ホルダ 2 1 0 上面に接触したら、両者の接触部位にデポガスを導入しながら F I B 2 0 1 を照射してデポ膜 2 1 1 を形成し、このデポ膜 2 1 1 を介して微小試料 2 0 9 を微小試料ホルダ 2 1 0 上に固定接続する。形成されたデ

ポ膜 2 1 1 は、その一部で微小試料ホルダ 2 1 0 上に、他の一部で微小試料 2 0 9 の側面に付着して、両者間を固定接続する（図 2 (h)）。次に、前記したデポガスの供給を停止した後、プローブ 2 0 7 と微小試料 2 0 9 とを固定接続しているデポ膜 2 0 8 に F I B を照射して、該デポ膜 2 0 8 をスパッタ除去するか、またはプローブを切断することで、プローブ 2 0 7 を微小試料 2 0 9 から切り離す。これにより、微小試料 2 0 9 は微小試料ホルダ 2 1 0 上に固定保持されて、プローブ 2 0 7 からは完全に自立する（図 2 (i)）。最後に、F I B 照射によって、微小試料の観察所望領域が厚さ 1 0 0 n m 以下程度の薄膜 2 1 2 になるように薄く仕上げ加工して、一連の T E M 試料作製工程を完了する（図 2 (j)）。従来は以上のような工程で T E M 試料を作製していた。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

前記の公知例 1 においては、1 ～ 2 時間程度で T E M 試料作製が可能である。しかし、半導体デバイス製造では、歩留りの向上が即利益の向上に結びつくため、より短 T A T (Turn Around Time) での不良解析が望まれる。このため、この T E M 試料作製も更なる短時間化が望まれている。前記試料作製工程の中で、F I B アシストデポジションを用いた微小試料の微小試料ホルダへの固定工程では、デポ膜形成のために 1 5 分程度の時間を要する。これに対し、T E M 試料作製についての内容ではないが、デポを用いずに試料を基板に瞬間に固定できる方法として、アーク放電を用いる方法が特開平 9 - 8 5 4 3 7 (公知例 2) に記載されている。この方法について、図 3 を用いて説明する。マイクロプローブ 3 0 1 を対象となる金属微小物 3 0 2 の上方に移動する。この時の高電圧直流電源 3 0 3 によるマイクロプローブ 3 0 1 と導電性基板 3 0 4 との間の印加電圧は 0 V である（図 3 (a)）。次にマイクロプローブ 3 0 1 を金属微小物 3 0 2 に接触させ、電圧を数十 V 程度印加する。この印加電圧により静電気力が発生し、マイクロプローブ 3 0 1 の先端に金属微小物 3 0 2 を吸着する（図 3 (b)）。この金属微小物 3 0 2 を引き上げ、導電性基板 3 0 4 の所定の位置の上方に移動する（図 3 (c)）。その所定の位置に金属微小物 3 0 2 を接触させ（図 3 (d)）、この状態で十 k V 程度の高電圧を印加して、導電性基板 3 0 4 と金属微小物 3 0 2 の間に

発生させた接触アーク放電 3 0 5 により、金属微小物 3 0 2 を導電性基板 3 0 4 に接合する（図 3（e））。この方法の場合は、アーク放電を用いるため、瞬間的に接合することができる。しかし、この方法を T E M 観察試料作製に適用する場合、観察対象である微小試料に 1 0 k V もの高電圧を印加すること、微小試料自身がアーク溶接で熔融すること、微小試料に電流が流れることを考えると、不良解析すべき観察対象がこの接合時に変質してしまっている可能性を否定できない。このため、観察対象物の変質を起さない固定法が望ましい。

【 0 0 0 4 】

また、前記公知例 1 や 2 のように微小試料自身を試料ホルダへ固定する場合、以下の理由で微小試料の高さを確保する必要がある。まず、公知例 1 の T E M 試料の場合は、T E M 観察時の微小試料周りは図 4 に示す通りである。すなわち、微小試料ホルダ 2 1 0 の端面に微小試料 2 0 9 が固定されており、電子線を矢印 4 0 1 のように微小試料 2 0 9 に照射し、透過させることで微小試料 2 0 9 の内部構造を観察する。これを矢印 4 0 2 の方向から見た電子線 4 0 1 が通る位置の断面図が図 5（a）である。ここで薄膜 2 1 2 が観察すべき領域である。ここで、微小試料ホルダ 2 1 0 の微小試料 2 0 9 固定面は、できる限り平坦なものを使用するとはいえ、やはり若干の凹凸を有する。このため、微小試料の高さを低くした場合は図 5（b）に示す通り、観察領域 5 0 1 を透過した電子線 4 0 1 が微小試料ホルダで遮蔽されてしまい、観察できない場合がある。

【 0 0 0 5 】

また、T E M 観察では、試料の結晶方向を電子線入射方向に合せたり、わざとずらしたりすることで、構造による像のコントラストを変えたり、格子像を観察しやすくしたりすることが一般に行われる。このため、電子線入射方向（矢印 4 0 1 の方向）に対して微小試料ホルダ 2 1 0 を図 5（c）のように傾斜させる場合があるが、微小試料 5 0 2 の高さが小さい場合には観察領域 5 0 1 を透過した電子線 4 0 1 が微小試料ホルダで遮蔽されてしまい、観察できない場合がある。この傾斜角度は、一般には± 1 5 度程度以下である。微小試料ホルダ 2 1 0 は、強度等から取扱い易さを考えると 3 0 μ m 程度の厚みを有することが望まれる。この場合、例えば図 5（c）のように微小試料 5 0 2 が微小試料ホルダ 2 1 0 の厚み

方向の真中に設置されている場合は、15度微小試料ホルダ210を傾斜しても電子線が微小試料ホルダ201によって遮蔽されない領域は、約4 μm より上の領域になる。このため、観察領域501の下に少なくとも4 μm 以上の高さが必要とされる。

【0006】

また、TEMで試料の元素分析を行うためにエネルギー分散型X線分光分析法(EDX)を使用する場合がある。これは、図5(d)に示すように観察領域501を電子線が矢印401の経路を透過する際に、試料内部の原子との相互作用により、原子種に対応したX線503が発生し、このX線をX線検出器504で検出することで試料の元素を同定する方法である。この場合、図5(d)に示すように微小試料502の高さが小さく観察領域501のすぐ近くに微小試料ホルダ210があると、観察試料で散乱された散乱電子505が微小試料ホルダ210にも照射されてしまい、微小試料ホルダ210からX線506が発生してしまい、X線検出器504で微小試料ホルダ210の構成物質がスペクトルとして検出されてしまうため、バックグラウンドノイズとなってしまうという問題が起こる。

【0007】

前記の傾斜観察やEDXの場合を考慮すると、微小試料209の観察領域501はできる限り微小試料ホルダ210から離すことが望まれる。現実的なサイズとしては微小試料209の高さが10 μm ～15 μm 程度が望まれる。このようなサイズの微小試料209を作製する場合、図2の(b)(c)で加工される矩形穴202、202'と垂直溝203と傾斜溝205を含むFIBでの加工体積は約5000 μm^3 と見積もられる。これは30 keV、10 nAのFIBで加工する場合は、試料がSiデバイスの場合には、30分程度の加工時間が必要である。もちろん、より切れ味がシャープなビームを使用するために、例えばビーム電流を5 nAに小さくしたFIBを用いればFIBによる前記加工時間は倍の1時間程度を要する。試料作製時間を短縮するためには、この加工体積を小さくしたいわけであるが、微小試料高さの減少は、微小試料209の下辺を微小試料ホルダ210に固定する限り、前記のような問題を引き起こす。このため、試料作製時間を短縮することが難しかった。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

従って、本発明の目的は、上述したような従来方法における諸問題を解消できるよう改良された試料作製方法、およびその方法を実施するのに使用して好適な試料作製装置を提供することである。

すなわち、本発明の第 1 の目的は、微小試料を変質させる可能性が少なく、短時間で微小試料を試料ホルダに固定可能な試料作製装置を提供することである。

本発明の第 2 の目的は、微小試料の加工体積を小さくしても TEM 観察や EDX 分析に問題がない試料作製装置を提供することである。

【 0 0 0 9 】

本発明の第 3 の目的は、微小試料を変質させる可能性が少なく、短時間で微小試料を試料ホルダに固定可能な試料作製方法を提供することである。

本発明の第 4 の目的は、微小試料の加工体積を小さくしても TEM 観察や EDX 分析に問題がない試料作製方法を提供することである。

前記した第 1、2 の目的を達成するため、本発明の試料作製装置においては、
(1) 試料基板を載置する可動の試料台と、試料基板の所望領域近傍に加工ビームを照射し試料基板の所望領域を含む微小試料を形成加工するエネルギービーム光学系と、基板の所望領域近傍に接触させるプローブと、プローブと基板の所望領域近傍部を接続するプローブ・基板接続手段と、微小試料を支持する微小試料ホルダを可動に保持する微小試料ホルダ保持具と、プローブと微小試料ホルダの間に電圧を印加してプローブと微小試料ホルダを通電溶接するプローブ通電回路と、プローブを駆動するプローブ駆動装置と、プローブ駆動装置を制御してプローブと微小試料ホルダを接近させるプローブ位置制御装置とを有する構成とすることで、微小試料変質を抑制し、短時間での微小試料固定が可能な装置となる。
また、

(2) 試料基板を載置する可動の試料台と、試料基板の所望領域近傍に加工ビームを照射し試料基板の所望領域を含む微小試料を形成加工するエネルギービーム光学系と、基板の所望領域近傍に接触させるプローブと、プローブと基板の所望領域近傍部を接続するプローブ・基板接続手段と、微小試料を支持する微小試料

ホルダを可動に保持する微小試料ホルダ保持具と、プローブと微小試料ホルダの間に電圧を印加してプローブと微小試料ホルダを通電溶接するプローブ通電回路と、プローブを駆動するプローブ駆動装置と、プローブ通電回路のプローブと微小試料ホルダ間の電圧印加の後にプローブ駆動装置を駆動してプローブを試料ホルダに接近させるプローブ位置制御装置とを有する構成とすることで、溶接に必要な印加電圧を低く押さえることが可能となり、微小試料変質可能性を更に低減することが可能な装置となる。また、

(3) (1) (2) において、エネルギービーム光学系が、イオンビームを照射するイオンビーム光学系とすることにより、微細な微小試料を作製することが可能となる。また、

(4) (1) ~ (3) において、プローブ通電回路がプローブと前記微小試料ホルダ間に掛ける印加電圧が200V以下である構成とすることで、微小試料変質可能性を更に低減することができる。また、

(5) (1) ~ (4) において、プローブ・基板接続手段が、プローブと基板間への電圧印加により通電溶接する電圧印加回路を有することにより、更なる短時間化と汚染の少ない清浄な試料作製が可能である。

【 0 0 1 0 】

また、 前記した第 3、4 の目的を達成するため、本発明の試料作製方法においては、

(6) 試料基板の観察すべき領域の近傍部にプローブ先端部を固定接続するプローブ接続工程と、観察すべき領域を含む微小試料をプローブ先端部に固定接続された状態で試料基板から分離する微小試料分離工程と、微小試料の下面と微小試料ホルダの間を一定の間隙を持って固定する微小試料固定工程を含む方法とすることで、試料サイズを小さくすることが可能となり、短時間での微小試料作製が可能となる。また、

(7) 試料基板の観察すべき領域の近傍部にプローブ先端部を固定接続するプローブ接続工程と、観察すべき領域を含む微小試料をプローブ先端部に固定接続された状態で試料基板から分離する微小試料分離工程と、プローブと微小試料ホルダを接合させるプローブ・微小試料ホルダ接合工程と、微小試料ホルダに固定接

続された微小試料からプローブを切断するプローブ切断工程とを含む方法とすることで、試料サイズを小さくすることが可能となり、短時間での微小試料作製が可能となり、更にプローブで確実に微小試料を微小試料ホルダに固定することが可能となる。また、

(8) 試料基板の観察すべき領域の近傍部にプローブ先端部を固定接続するプローブ接続工程と、観察すべき領域を含む微小試料をプローブ先端部に固定接続された状態で試料基板から分離する微小試料分離工程と、プローブと微小試料ホルダの間に電圧を印加する電圧印加工程と、プローブと微小試料ホルダを接近させるプローブ接近工程と、プローブと微小試料ホルダを通電溶接するプローブ・微小試料ホルダ溶接工程と、微小試料ホルダに固定接続された微小試料からプローブを切断するプローブ切断工程とを含む方法とすることで、微小試料変質を抑制し、短時間での微小試料固定が可能となる。また、

(9) (8) において、プローブと微小試料ホルダの接近は、電圧印加工程の後に行うことにより、溶接に必要な印加電圧を低く押さえることが可能となり、微小試料変質可能性を更に低減することが可能となる。また、

(10) 試料基板の観察すべき領域の近傍部にプローブ先端部を固定接続するプローブ接続工程と、観察すべき領域を含む微小試料をプローブ先端部に固定接続された状態で試料基板から分離する微小試料分離工程と、プローブと微小試料ホルダの間に電圧を印加する電圧印加工程と、電圧印加工程の後に微小試料と微小試料ホルダを接近させる微小試料接近工程と、微小試料と微小試料ホルダを通電溶接する微小試料・微小試料ホルダ溶接工程と、微小試料ホルダに固定接続された微小試料からプローブを切断するプローブ切断工程とを含む方法とすることで、微小試料の微小試料ホルダへの短時間での固定が可能となる。また、

(11) (6) ~ (10) において、微小試料分離工程にイオンビーム加工を使用することにより、微細な微小試料を作製することが可能となる。また、

(12) (6) ~ (11) において、微小試料が透過型電子顕微鏡試料であることにより、 $0.1\mu\text{m}$ オーダーの観察薄膜を作製する必要がある試料を従来と比較して十分に短時間で作製することが可能となる。また、

(13) (6) ~ (12) において、微小試料が高さ $5\mu\text{m}$ 以下であることによ

り、微小試料を摘出するための周囲加工が必要な体積を従来と比較して減少させることができるため、短時間での試料作製が可能となる。

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態を説明する。

<実施形態 1>

本実施の形態では、本願による試料作製装置の一例について説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 に試料作製装置の構成を示す。試料作製装置は、半導体ウェーハ 1 0 1 等の試料基板を載置する可動の試料台 1 0 2 と、ウェーハ 1 0 1 の観察、加工位置を特定するため試料台 1 0 2 の位置を制御する試料位置制御装置 1 0 3 と、ウェーハ 1 0 1 にイオンビーム 1 0 4 を照射して加工を行うイオンビーム光学系 1 0 5 と、ウェーハ 1 0 1 の近傍を観察するための電子ビーム 1 0 6 を照射する電子ビーム光学系 1 0 7 と、ウェーハ 1 0 1 からの 2 次電子を検出する 2 次電子検出器 1 0 8 を有する。イオンビーム光学系 1 0 5 の構成は以下の通りである。イオンを発生するイオン源 1 1 5 は加速電源 1 1 6 により接地電位に対して加速電圧が印加される。イオン源 1 1 5 のイオン放出が不安定な場合には通電加熱電源 1 1 7 により通電加熱を行い、イオン源 1 1 5 の状態改善をする。イオンの引出し電界を形成する引き出し電極 1 1 8 は、引き出し電源 1 1 9 によりイオン源 1 1 5 に対して引出し電圧が印加される。これにより引き出されたイオンビームは、アパーチャ 1 2 0 によりビーム広がり制限される。このアパーチャ 1 2 0 は、引き出し電極 1 1 8 と同電位である。このアパーチャ 1 2 0 を通過したイオンビームは、集束電源 1 2 1 により集束電圧を印加された集束レンズ 1 2 2 により集束される。集束されたイオンビームは、偏向電源 1 2 3 が印加される偏向器 1 2 4 により、走査、偏向が行われる。偏向されたイオンビームは、対物電源 1 2 5 により対物電圧を印加された対物レンズ 1 2 6 によりウェーハ 1 0 1 表面上に集束される。前記の加速電源 1 1 6 、引き出し電源 1 1 9 、集束電源 1 2 1 、偏向電源 1 2 3 、対物電源 1 2 5 は、イオンビーム光学系制御装置 1 2 7 により制御される。イオンビーム 1 0 4 により加工されたウェーハ 1 0 1 内の微小試料を摘

出するプローブ128は、プローブ位置制御装置130で制御されるプローブ駆動装置129で駆動される。プローブ128と微小試料の固定等に使用されるイオンビームアシストデポジション膜を形成するためのデポジションガスを供給するデポジションガス源131はデポジションガス源制御装置132により、その位置、ヒータ温度、バルブ開閉等を制御される。摘出された微小試料を固定する微小試料ホルダ138を保持するための微小試料ホルダ保持具136は試料台102の脇に配置されている。また、プローブ通電回路139はプローブ128と微小試料ホルダ138間に電圧を印加する。本例の場合は、微小試料ホルダ138は導電性の微小試料ホルダ保持具136により固定され、更にこの微小試料ホルダ保持具136は導電性の試料台102上に設置されているため、プローブ通電回路139の配線は試料台102に接続されている。本実施例で用いたプローブ通電回路139の場合は、200V程度まで電圧印加が可能であり、過電流防止に20M Ω 内部抵抗を有している。電子ビーム光学系107は電子ビーム光学系制御装置133により電子ビーム照射条件、位置等を制御される。イオンビーム光学系制御装置127、試料位置制御装置103、プローブ位置制御装置130、二次電子検出器108の検出情報を表示する表示装置134、プローブ通電回路139等は、中央処理装置135により制御される。試料台102、微小試料ホルダ保持具136、イオンビーム光学系105、電子ビーム光学系107、二次電子検出器108、プローブ128等は真空容器137内に配置される。

【0013】

ここで、微小試料の微小試料ホルダへの固定について説明する。この固定について特に重要な構成部だけを図1から抜粋した構成を図6に示す。ここでは、プローブ駆動装置129の先端のプローブ128に既に微小試料601が固定されている状態を示している。ここで、本来プローブ駆動機構は20～30cm程度の大きさであり、微小試料ホルダ138は3mm程度の大きさである。ここでは分かりやすくするために微小試料601やその周りを拡大して描いており、2箇所描かれているプローブ128は同一の物である。また、試料台102は模式図化している。プローブ通電回路139はプローブ128と微小試料ホルダ138間に電圧を印加できる回路である。但し、本実施例では前記の通り試料台10

2に電極を取りつけている。もちろんこの電極は、微小試料ホルダ保持具136や微小試料ホルダ138に直接取りつけても良い。このプローブ通電回路139とプローブ位置制御装置は中央処理装置135からの命令に基づいて制御される。即ち、プローブ通電回路139の電圧印加や、プローブ位置制御装置130によるプローブ128の微小試料ホルダ138への接近、接触等について、その順序、タイミング等を制御する。

【0014】

ここで、微小試料601の微小試料ホルダ138への固定時のプローブ位置制御装置130によるプローブ128移動制御について図7を用いて説明する。前記した従来例の場合は、微小試料601を試料ホルダに直接接触させ、FIBアシストデポジション（公知例1）や10kV程度の電圧印加によるアーク溶接（公知例2）により両者を固定していた。これに対して、本願の試料作製装置の場合は、微小試料601自体はプローブ128に支持されたままどこにも触れず、プローブ128が微小試料ホルダ138に接触するように、矢印701の方向にプローブ移動を制御する（図7(a)）。ここで予めプローブ通電回路に139によりプローブ128と微小試料ホルダ138間に例えば150V程度の電圧を印加しておき、その状態でプローブ128を微小試料ホルダ138に接触させることで接触点702において溶接される（図7(b)）。この溶接はもちろん瞬間であり、従来固定に用いていたFIBアシストデポジションの固定膜形成時間約15分に比べて、約15分の時間短縮となる。

【0015】

ここで、本試料作製装置での電流経路を図8を用いて説明する。経路801が電流経路を示している。当然のことながら、正確には電流は配線内を通るわけであるが、分かり易くする為に経路801は少しずらして描いている。即ち、プローブ通電回路139から接続された試料台102、微小試料ホルダ保持具136、微小試料ホルダ138を通り接触点702を通過してプローブ128からプローブ通電回路に戻る。この場合、電流は微小試料601を通らない。このため、この溶接により微小試料が変質する可能性はほとんどなく、信頼性の高いTEM観察試料を作製することができる。もちろんプローブ通電回路139を微小試料ホ

ルダ保持具 1 3 6 や微小試料ホルダ 1 3 8 に直接接続している場合は、電流経路は図 8 の経路 8 0 1 とは異なるが、微小試料 6 0 1 に電流が流れないという意味においては同じである。

【 0 0 1 6 】

また、本実施例の装置では、試料加工に集束イオンビームを用いるため、サブミクロンサイズの加工も可能であり、精密な試料作製が可能である。但し、ミクロン～数十ミクロンサイズの試料を作製する場合には、レーザビームを使用することも可能であり、この場合には大気中で本試料作製を実行することも可能である。この場合、プローブ通電回路 1 3 9 による通電溶接も大気中で行うことが可能である。

【 0 0 1 7 】

本試料作製装置を用いることで、短時間で、信頼性のある観察用試料作製が可能となる。

< 実施形態 2 >

本実施例では本発明による試料作製方法の詳細について説明する。

【 0 0 1 8 】

図 9 は本試料作製方法の一連のフローを示す図である。ここでは試料としてウェーハを想定して説明する。まず、最初にウェーハ上の観察領域（TEM観察用薄膜形成領域）にイオンビーム加工等を用いてマーキングを施しておく。次に、前記 2 個のマーク 9 0 0、9 0 0' を結ぶ直線の延長上で、前記 2 個のマークの両外側にイオンビーム 1 0 4 の照射により 2 個の矩形穴 9 0 2、9 0 2' を設ける（図 9（a））。次に、前記マーク 9 0 0、9 0 0' 間を結ぶ直線と平行に、かつ一端が矩形穴 9 0 2' に達し他端が矩形穴 9 0 2 には僅かに達しないようにして、イオンビーム走査によって細長い垂直溝 9 0 3 を形成する。一方の矩形穴 9 0 2 と垂直溝 9 0 3 との間に残された残存領域 9 0 4 は、後に、前記観察領域を含む微小試料部 9 0 6 をウェーハ 1 0 1 から分離する際、微小試料部 9 0 6 を仮保持しておくための支持部となる（図 9（b））。前記の工程で水平に保たれていたウェーハ面を傾斜させてから、前記マーク 9 0 0、9 0 0' 間を結ぶ直線と平行に、かつ、先に形成した垂直溝 9 0 3 とは反対の側に、イオンビーム照射によ

って傾斜溝 905 を形成する。ここで、前記した 2 個のマーク 900、900' 間を結ぶ直線は試料台 102 (図示省略) の傾斜軸と平行に設定されているので、垂直溝 903 側に対し傾斜溝 905 側が上となるようにウェーハ面を傾斜させる。傾斜溝 905 は、両矩形穴 902、902' 間を結んで形成する。傾斜溝 905 はその底部で先に形成した垂直溝 903 底部と交わり、その結果、マーク 900、900' を含んだクサビ型微小試料部 906 が、支持部 904 だけを残し、ウェーハ 101 から分離され、支持部 904 によって片持ち支持された状態となる (図 9(c))。次に、ウェーハ面を水平に戻してから、微小試料部 906 の支持部 904 とは反対側端部に試料移送装置のプローブ 128 の先端部を接触させる。次いで、微小試料部 906 にプローブ 128 先端部を固定接続するために、プローブ 128 先端部を含む領域に、デポジション用ガスを供給しながら、イオンビーム 104 を照射(走査)して、該イオンビーム照射領域にデポ膜 908 を形成する。このデポ膜 908 を介してプローブ 128 先端部と微小試料部 906 とが固定接続される (図 9(d), (e))。微小試料 128 をウェーハ 101 から摘出するために、微小試料部 906 を仮保持している支持部 904 にイオンビーム 104 を照射して、スパッタ加工により支持部 904 を除去して、微小試料部 906 を仮保持状態から開放させる。これにより、微小試料 601 は、ウェーハ 101 から完全に分離摘出された状態となる (図 9(e), (f))。次いで、ウェーハ 101 から分離摘出された微小試料 601 をプローブ 128 先端部に固定接続した状態で微小試料ホルダ 138 上に移動させる (図 9(f), (g))。試料台移動により、微小試料ホルダ 138 の耳部端面がイオンビーム 104 の走査範囲内に入ったら、その位置で試料台の移動を停止してから、プローブ 128 を水平に移動させ、プローブの先端から 5 μ m 程度根元側の部分が、水平位置で微小試料ホルダ 138 の耳部端面から 15 μ m 程度離れた位置で停止する。この位置でプローブ通電回路 139 (図示せず) によりプローブ 128 と微小試料ホルダ 138 の間に、例えば 150 V 程度の電圧を印加する。この状態でプローブ 128 を微小試料ホルダ 138 の耳部端面に向かって接近させる。(図 9(g))。すると、通電溶接によりプローブ 128 と微小試料ホルダ 138 が接合点 910 において固定される。次にプローブ 128 の接合点 910 よりも根元側にイオンビー

ム 1 0 4 を照射してスパッタ加工することによりプローブ 1 2 8 を分離する。（図 2 (h)）。これにより、微小試料 6 0 1 はプローブ 1 2 8 の先端を介して微小試料ホルダ 1 3 8 に固定保持されて、完全に自立する（図 9 (i)）。最後に、イオンビーム 1 0 4 照射によって、微小試料 6 0 1 の観察所望領域が厚さ 1 0 0 n m 以下程度の薄膜 9 0 9 になるように薄く仕上げ加工して、一連の T E M 試料作製工程を完了する（図 9 (j)）。

【 0 0 1 9 】

このように微小試料の固定にプローブと微小試料ホルダ間の通電溶接を使用するため、従来 F I B アシストデポジション膜で固定する場合（公知例 1）は 1 5 分程度必要であったが、本手法では瞬間で完了できるため試料作製時間を短縮することが可能である。

【 0 0 2 0 】

こうして作製された微小試料は、図 5 を用いて説明したような従来例（公知例 1）の問題点を回避することができる。即ち、この微小試料 6 0 1 はプローブ 1 2 8 に吊り下げられた状態で空中に存在するわけであり、薄膜 9 0 9 よりも下の領域は基本的には不要であるため試料高さを小さくすることができる。図 1 0 に本手法で高さが小さい微小試料を作製した場合の図 5 に対応する T E M 観察状態を説明する。ここでは微小試料ホルダは観察対象である微小試料 6 0 1 から充分離れており、T E M 観察には関係無いため図示していない。図 5 (a) は傾斜観察をする場合であり、電子線経路 1 0 0 1 を遮るものは無いため問題無い。また、図 5 (b) は E D X 分析を行う場合であるが、散乱電子 1 0 0 4 が試料以外のものに衝突する可能性は小さく、分析対象である薄膜 9 0 9 からの X 線 1 0 0 2 のみが X 線検出器 1 0 0 3 に取りこまれるため、ノイズが小さい正確な分析を行うことができる。実際は散乱電子がプローブ 1 2 8 に衝突して X 線を発生する可能性もあるが、プローブ 1 2 8 は太さがサブミクロンから 3 μ m 程度であり、従来例で問題となる微小試料ホルダは厚さ 5 0 μ m で幅は 3 m m と大きく、散乱電子の衝突可能性から判断してもプローブが問題となる可能性は従来例よりも充分小さい。

【 0 0 2 1 】

以上のように、プローブと微小試料ホルダを固定する本手法では微小試料サイズを小さくすることが可能である。微小試料を小さくする場合の図 9 とは異なるイオンビーム加工法を説明する。もともと図 9 で矩形穴 9 0 2、9 0 2' をある程度の大きさ確保する必要があったのは以下の通りである。垂直溝 9 0 3 や傾斜溝 9 0 5 はアスペクト比が高く、イオンビームスパッタ加工で深く掘ろうとすると、スパッタされた元試料を構成する粒子が壁面に付着し、加工効率が急激に落ちることになる。即ちこのスパッタ粒子の逃げ道を確保することで、深い溝を形成することができる。この逃げ道を確保するためにある程度の大きさの矩形穴 9 0 2、9 0 2' が必要であったわけである。ところが、本発明の手法の場合には、前記の通り深い微小試料である必要は無い。このため、例えば従来 15 ~ 18 μm 程度深く掘っていたところを、本発明では 7 μm 程度掘れば良いことになる。この場合、スパッタ粒子の逃げ道である矩形穴も必要が無くなる。このため、図 11 や図 12 のような加工が可能となる。図 11 は直接観察用薄膜 1103 を形成する場合である。図 11 (a) の階段穴 1101 は後に斜めから薄膜 1103 の周りをイオンビームで切り込むための覗き角を確保するために、階段形状にしている。垂直溝 1102 は 7 μm 程度の深さで良い。この試料を傾斜させる。図 11 (b) ではイオンビーム 104 の方を傾斜させて記載しているが、実際は試料台を傾斜させている。こうしてイオンビーム 104 で薄膜 1103 の周りを切り落とすことで薄膜 1103 をプローブ 128 で摘出することができる。図 11 は概念図として書いているが、正確に方法を記載するならば以下の通りである。図 11 (b) で薄膜 1103 の周りをイオンビーム 104 で切り落とす際に、側面の一部のみを支持部として少し残しておいて、試料台傾斜を戻し、プローブ 128 を固定した後に試料表面に垂直な方向から支持部をイオンビーム 104 で除去することで薄膜 1103 を摘出することができる。この加工法の場合は薄膜 1103 のみを取り出す方法であるが、図 9 で説明したような微小試料ホルダに固定した後に薄膜加工を行う場合でも、矩形穴を作製しない方法が可能である。これについて図 12 を用いて説明する。図 12 (a) で階段穴 1201 と垂直溝 1202 の加工は図 11 の場合と同じである。但し、微小試料 1203 の部分は 1 μm 程度の厚さを残すようにしておく。次の図 12 (b) のイオンビーム 104 による斜

め加工とプローブ 1 2 8 固定も微小試料 1 2 0 3 の厚みが厚い以外は図 1 1 (b) と同じである。以上の工程で図 1 2 (c) のように微小試料を摘出できる。こうして摘出した微小試料 1 2 0 3 は図 9 (g) ~ (i) のようにプローブ 1 2 8 と微小試料ホルダの通電溶接とプローブ 1 2 8 切断により微小試料ホルダに固定される。その後、イオンビーム 1 0 4 加工により観察領域を薄膜 1 2 0 4 として形成することで T E M 試料作製が完了する。この図 1 1 や図 1 2 の加工の場合には、大体積である矩形穴加工が不要であるため従来例（公知例 1）の図 2 の加工体積と比較してほぼ 1 桁小さな加工体積で済む。このため例えば標準的な加工の場合、イオンビームスパッタによる微小試料形成加工工程が 5 0 分程度から 1 5 分程度へと短縮できる。

【 0 0 2 2 】

また、この実施例では T E M 試料作製の場合で説明したが、薄膜化工程を片面の断面作製工程とすれば走査型電子顕微鏡試料やその他 2 次イオン質量分析法やオージェ電子分光法等様々な観察分析用の試料とすることもできる。

【 0 0 2 3 】

また、ここではプローブ 1 2 8 と微小試料ホルダ 1 3 8 の固定を通電固定としたが、瞬間接着剤等による固定でも、微小試料 6 0 1 をプローブ 1 2 8 先端に保持された状態で空中に固定することが可能であるため同様の効果が得られる。

【 0 0 2 4 】

以上のように本試料作製法を用いることで、微小試料ホルダへの固定時間と、微小試料形成のイオンビームスパッタ加工時間の両方において短時間化が可能であり、不良解析の効率を高めることができる。

< 実施形態 3 >

本実施例では、従来の微小試料底辺の F I B アシストデポジション膜による固定での特長の 1 つである、1 つの微小試料ホルダへの複数微小試料の固定を、プローブを固定する本発明において実現する方法について説明する。

【 0 0 2 5 】

前記の通り、従来の微小試料固定法（公知例 1）の場合、図 1 3 (a) に示すとおり、複数の微小試料 1 3 0 1、1 3 0 2、1 3 0 3 を固定することができる。

本例では半分くらいまで耳部がある微小試料ホルダ 2 1 0 を描いているが、実際は耳部はもっと小さくても良く極端に言えば耳部は必要無い。標準的な T E M ホルダは ϕ 3 mm の微小試料ホルダが載置可能であるから、1 0 ~ 1 5 μ m 程度の長さの微小試料であれば、1 0 0 個程度固定することも可能である。この場合、1 度 T E M に導入すれば、連続しての観察が可能であり、観察時間の短縮に繋がる。ところがこれに対し、図 1 3 (b) に示すような微小試料ホルダ 1 3 8 を使用する場合、微小試料 1 3 0 4、1 3 0 5、1 3 0 6 を縦に複数個固定することは可能である。ところが、例えば微小試料 1 3 0 4 をイオンビーム 1 0 4 で薄膜加工試料とした場合、このイオンビーム 1 0 4 が微小試料 1 3 0 5 や 1 3 0 6 に照射されてしまう可能性があり得る。この場合、せっかく作製した微小試料 1 3 0 5 や 1 3 0 6 が破壊されてしまう可能性があり問題となる。

【0 0 2 6】

これを解決する微小試料ホルダ形状として図 1 4 に示すような微小試料ホルダ 1 4 0 1 を使用する。この場合、微小試料 1 4 0 2、1 4 0 4、1 4 0 6 はプローブ 1 4 0 3、1 4 0 5、1 4 0 7 で固定されるわけであるが、このプローブ 1 4 0 3、1 4 0 5、1 4 0 7 が溶接される微小試料ホルダ 1 4 0 1 の耳部はそれぞれイオンビーム 1 0 4 から見てずれた位置にあるため観察もし易く、更に微小試料 1 4 0 2 の加工時に他の微小試料 1 4 0 5 や 1 4 0 6 に影響を及ぼすことも無い。ここでは微小試料ホルダ 1 4 0 1 の段数を 3 段で記載しているが、例えば 5 0 μ m 毎に段差を設ければ、数 1 0 個の微小試料の固定も可能である。

【0 0 2 7】

本実施例で説明したような微小試料ホルダを使用することにより、複数個の微小試料を 1 つの微小試料ホルダに固定できるため、効率的な不良解析が可能になる。

<実施形態 4>

本実施例では、通電溶接を用いて微小試料底辺と微小試料ホルダを固定する方法について説明する。

【0 0 2 8】

従来例で説明した金属微小物をアーク放電を用いて導電性基板に接続する方法（

公知例 2) では、両者を予め接触させた状態で 10 k V 程度の電圧を印加することにより溶接を行う。しかし、これに対して本発明の目的は T E M 観察試料を作製することであり、10 k V 程度が印加され溶接されることにより、観察すべき微小試料が変質してしまう可能性が否定できない。このため、より低エネルギーでの溶接が望まれる。これを実現する方法を図 1 5 を用いて説明する。本実施例の場合はプローブ通電回路 1 3 9 を図 1 5 (a) に示すように電源 1 5 0 1 と保護抵抗 1 5 0 2 とスイッチ 1 5 0 3 で構成している。まず微小試料 6 0 1 やプローブ 1 2 8 が微小試料ホルダ 1 3 8 に接触していない状態でスイッチ 1 5 3 を入れ、微小試料 6 0 1 と微小試料ホルダ 1 3 8 間に電圧を印加する。この電圧は例えば 1 5 0 V 程度と従来例の場合と比較して 2 桁ほど小さい。この状態でプローブ 1 2 8 を駆動し、微小試料の底辺を微小試料ホルダに接近させる (図 1 5 (b)) 。すると、通電溶接により微小試料 6 0 1 の底辺と微小試料ホルダ 1 3 8 が接合点 1 5 0 4 において固定される (図 1 5 (c)) 。ここで、スイッチ 1 5 0 3 を切り電圧印加を停止する。そののちプローブ 1 2 8 をイオンビーム加工で切断し、退避することで微小試料 6 0 1 が微小試料ホルダ 1 3 8 上に自立した状態にすることができる (図 1 5 (d)) 。図 1 5 ではスイッチ 1 5 0 3 で印加電圧のオン、オフを制御する場合を説明したが、電源 1 5 0 1 を可変電圧にして制御してももちろん良い。

【 0 0 2 9 】

以上のように本手法の場合は、通電溶接を用いるため、F I B アシストデポジション膜で固定する従来例 (公知例 1) に比べて短時間での試料作製が可能であり、更に本手法は 150 V 程度電圧印加後に接近させることにより溶接可能であることから、接触状態からの 10 k V 印加により溶接する従来例 (公知例 2) と比べて試料変質の危険性を抑制することが可能である。

< 実施形態 5 >

本実施例では、プローブと微小試料ホルダを接触状態から溶接する方法について説明する。

【 0 0 3 0 】

前記実施形態 1、2 の場合にはプローブ通電回路によるプローブと微小試料ホ

ルダ間の電圧印加後にプローブを移動させて溶接する場合を説明したが、溶接点の位置を確実に制御したいという場合は、やはり予め接触させた状態で溶接できた方が有利である。この場合には図 1 6 に示すようにプローブ通電回路 1 3 9 をパルス発生器 1 6 0 1 を用いて構成する。まずパルス発生回路がパルスを発生させない状態でプローブ移動によりプローブ 1 2 8 と微小試料ホルダ 1 3 8 を接合したい点 1 6 0 2 にて接触させる（図 1 6 (a)）。この状態でパルス発生器 1 6 0 1 でパルス電圧をプローブ 1 2 8、微小試料ホルダ 1 3 8 間に印加することにより接触点 1 6 0 2 にて両者が溶接される。本手法の場合は、図 8 の場合と同様に微小試料 6 0 1 には電流が流れないため、従来例（公知例 2）のように対象物自身を溶接する場合と比較して試料が変質することもない。この後、プローブ 1 2 8 をイオンビームで切断すれば微小試料ホルダへの固定は完了する。

【 0 0 3 1 】

本手法を用いることにより、確実な位置での微小試料ホルダへのプローブ固定が可能となる。

< 実施形態 6 >

本実施例では、プローブと微小試料の固定にも通電溶接を使用する装置について説明する。

【 0 0 3 2 】

実施形態 2 では図 9 (d) で説明したようにプローブ 1 2 8 と微小試料部 9 0 6 の固定には F I B アシストデポジション膜を 9 0 8 使用したが、この形成にも数分を要する。ところで、前記実施形態では、微小試料ホルダへ固定する場合に通電溶接を利用する場合について説明したが、この通電溶接はその前工程である微小試料とプローブの固定にも利用できる。この構成を図 1 7 に示す。ウェーハ 1 0 1 は試料台 1 0 2 と電氣的にも導通が取れている。このため、プローブ通電回路 1 3 9 による電圧印加は、プローブ 1 2 8 とウェーハ 1 0 1 間にかかることになる。ここで、電圧をかけた状態でプローブ 1 2 8 先端を微小試料部 9 0 6 に接近させると通電溶接により両者が接合される。また、実施形態 5 で説明したように先に微小試料部 9 0 6 にプローブ 1 2 8 先端に接触させた状態でパルス電圧を印加しても溶接することが可能である。また、この溶接を利用する方法の場合は

、F I B アシストデポジションの場合のように、ウェーハ 1 0 1 を含む試料を汚染する可能性がほとんど無いという特徴もある。

【 0 0 3 3 】

以上のように、微小試料のプローブへの固定にも通電溶接を用いることにより、更なる短時間化が可能であり、更に清浄な試料作製も実現できる。

【 0 0 3 4 】

【発明の効果】

本発明の試料作製装置と試料作製方法を用いることで、解析対象である微小試料の微小試料ホルダへの固定時間と、微小試料形成のためのスパッタ加工時間の両方において短時間化が可能であり、解析試料作製の高速化が実現でき、不良解析の効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本願による試料作製装置の 1 実施の形態を示す全体構成図。

【図 2】

従来の試料作製法（公知例 1）を示す図。

【図 3】

従来の金属微小物溶接法（公知例 2）を示す図。

【図 4】

T E M 観察時の微小試料と電子線経路の位置関係を示す図。

【図 5】

微小試料サイズ縮小による観察、分析への影響を示す図。

【図 6】

プローブと微小試料ホルダの溶接に主要な構成部を示す図。

【図 7】

溶接のためのプローブ駆動を示す図。

【図 8】

溶接時の電流経路を示す図。

【図 9】

本願による試料作製方法の 1 実施の形態を示すフロー図。

【図 1 0】

本願の微小試料の観察状態を示す図。

【図 1 1】

浅い微小試料の加工法（薄膜のみ形成）を示す図。

【図 1 2】

浅い微小試料の加工法（後に薄膜加工）を示す図。

【図 1 3】

1 微小試料ホルダへの複数微小試料の固定法を示す図。

【図 1 4】

本願手法での 1 微小試料ホルダへの複数微小試料の固定法を示す図。

【図 1 5】

微小試料を微小試料ホルダに溶接するフローを示す図。

【図 1 6】

プローブと微小試料ホルダを接触後に溶接する手法を示す図。

【図 1 7】

プローブと微小試料部を溶接する構成を示す図。

【符号の説明】

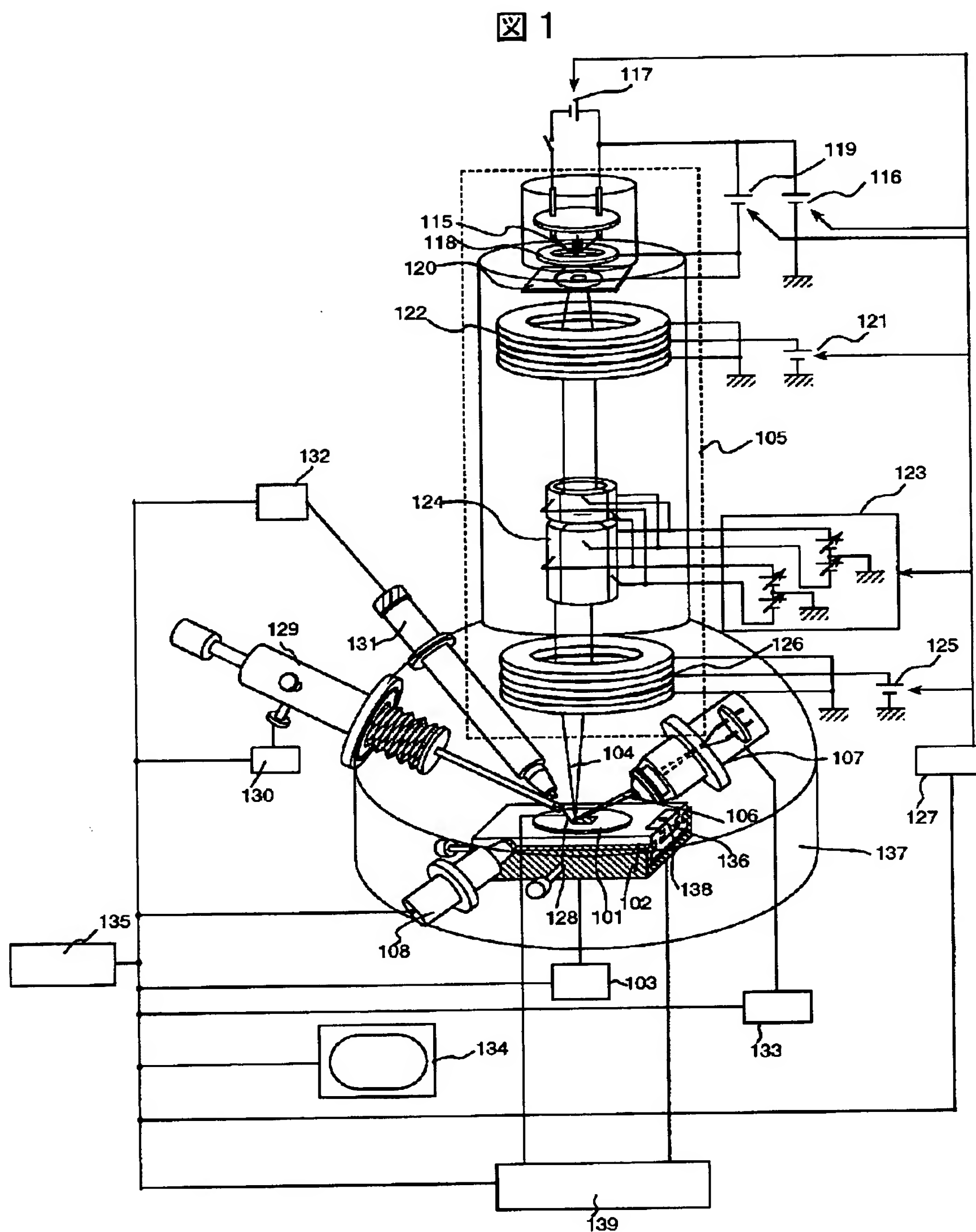
1 0 1…ウェーハ、1 0 2…試料台、1 0 3…試料位置制御装置、1 0 4…イオンビーム、1 0 5…イオンビーム光学系、1 0 6…電子ビーム、1 0 7…電子ビーム光学系、1 0 8…二次電子検出器、1 1 5…イオン源、1 1 6…加速電源、1 1 7…通電加熱電源、1 1 8…引き出し電極、1 1 9…引き出し電源、1 2 0…アパーチャ、1 2 1…集束電源、1 2 2…集束レンズ、1 2 3…偏向電源、1 2 4…偏向器、1 2 5…対物電源、1 2 6…対物レンズ、1 2 7…イオンビーム光学系制御装置、1 2 8…プローブ、1 2 9…プローブ駆動装置、1 3 0…プローブ位置制御装置、1 3 1…デポジションガス源、1 3 2…デポジションガス源制御装置、1 3 3…電子ビーム光学系制御装置、1 3 4…表示装置、1 3 5…中央処理装置、1 3 7…真空容器、1 3 8…微小試料ホルダ、1 3 9…プローブ通電回路、2 0 0、2 0 0' …マーク、2 0 1…FIB、2 0 2、2 0 2' …矩

形穴、2 0 3…垂直溝、2 0 4…支持部、2 0 5…傾斜溝、2 0 6…微小試料部、2 0 7…プローブ、2 0 8…デポ膜、2 0 9…微小試料、2 1 0…微小試料ホルダ、2 1 1…デポ膜、2 1 2…薄膜、3 0 1…マイクロプローブ、3 0 2…金属微小物、3 0 3…高電圧直流電源、3 0 4…導電性基板、3 0 5…アーク放電、4 0 1…電子線、4 0 2…矢印、5 0 1…観察領域、5 0 2…微小試料、5 0 3…X線、5 0 4…X線検出器、5 0 5…散乱電子、5 0 6…X線、6 0 1…微小試料、7 0 1…矢印、7 0 2…接触点、8 0 1…経路、9 0 0、9 0 0'…マーク、9 0 2、9 0 2'…矩形穴、9 0 3…垂直溝、9 0 4…支持部、9 0 5…傾斜溝、9 0 6…微小試料部、9 0 8…デポ膜、9 0 9…薄膜、1 0 0 1…電子線経路、1 0 0 2…X線、1 0 0 3…X線検出器、1 0 0 4…散乱電子、1 1 0 1…階段穴、1 1 0 2…垂直溝、1 1 0 3…薄膜、1 2 0 1…階段穴、1 2 0 2…垂直溝、1 2 0 3…微小試料、1 2 0 4…薄膜、1 3 0 1、1 3 0 2、1 3 0 3…微小試料、1 3 0 4、1 3 0 5、1 3 0 6…微小試料、1 4 0 1…微小試料ホルダ、1 4 0 2、1 4 0 3、1 4 0 4…微小試料、1 4 0 5、1 4 0 6、1 4 0 7…プローブ、1 5 0 1…電源、1 5 0 2…保護抵抗、1 5 0 3…スイッチ、1 5 0 4…接合点、1 6 0 1…パルス発生器、1 6 0 2…接触点。

【書類名】

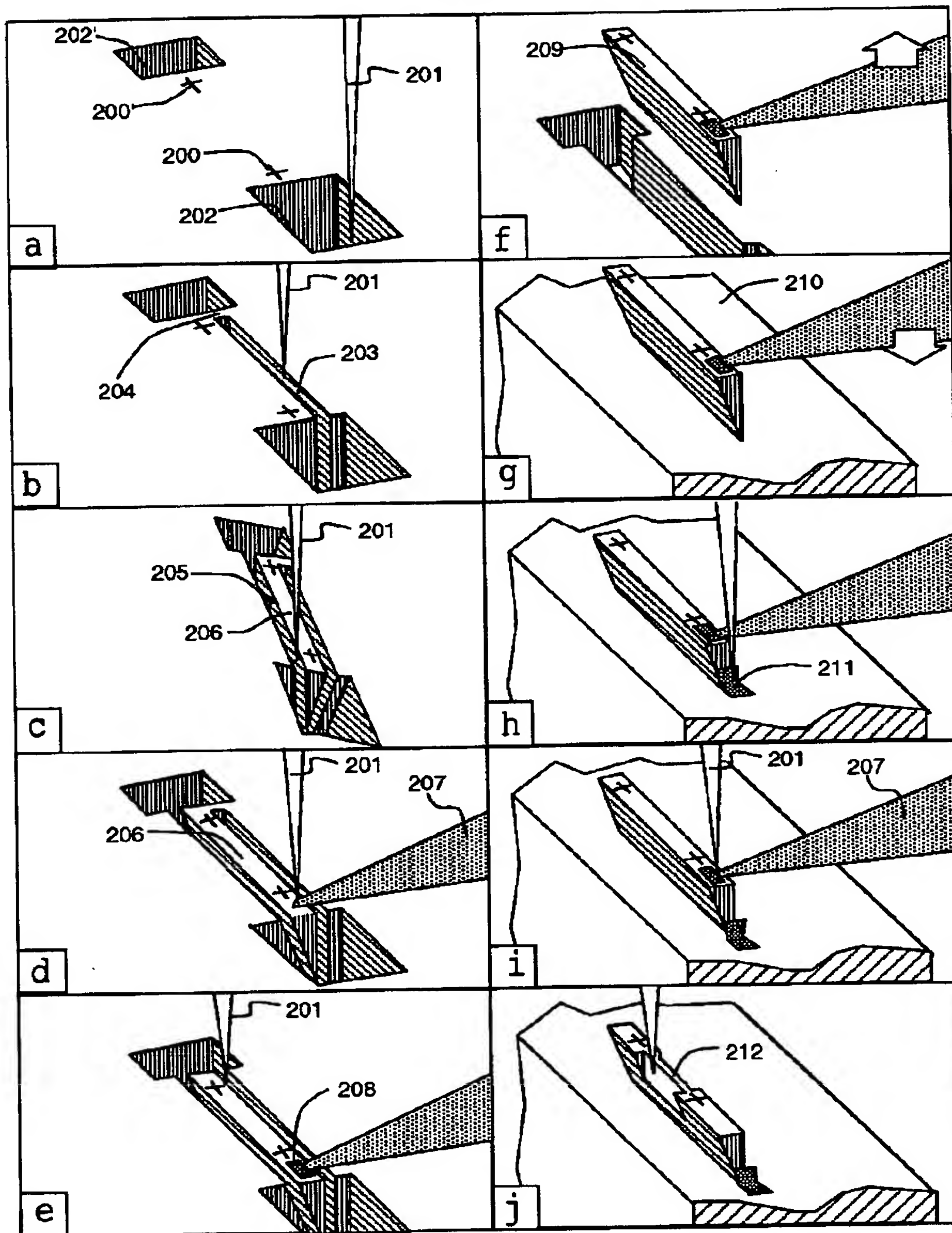
図面

【図 1】



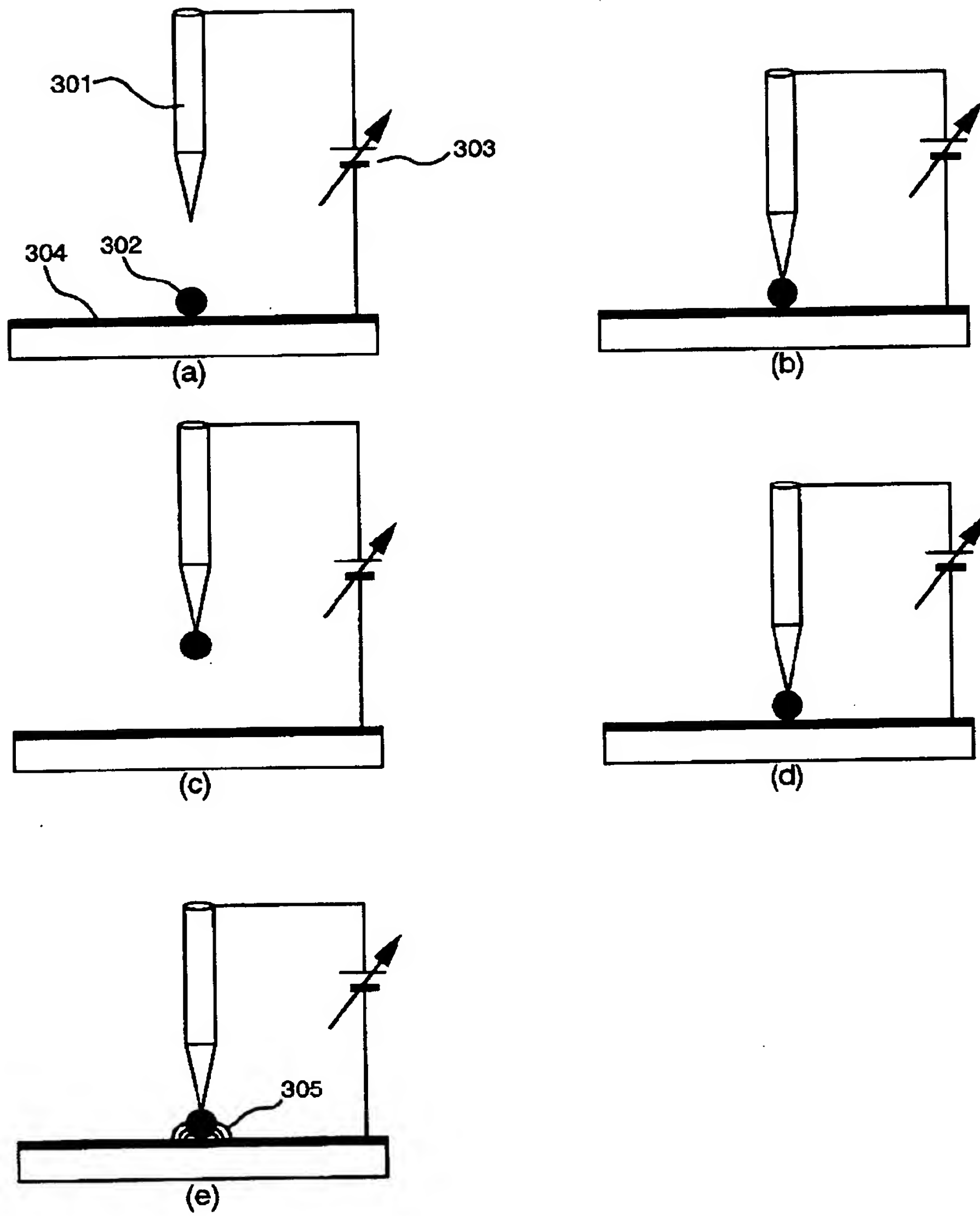
【図 2】

図2

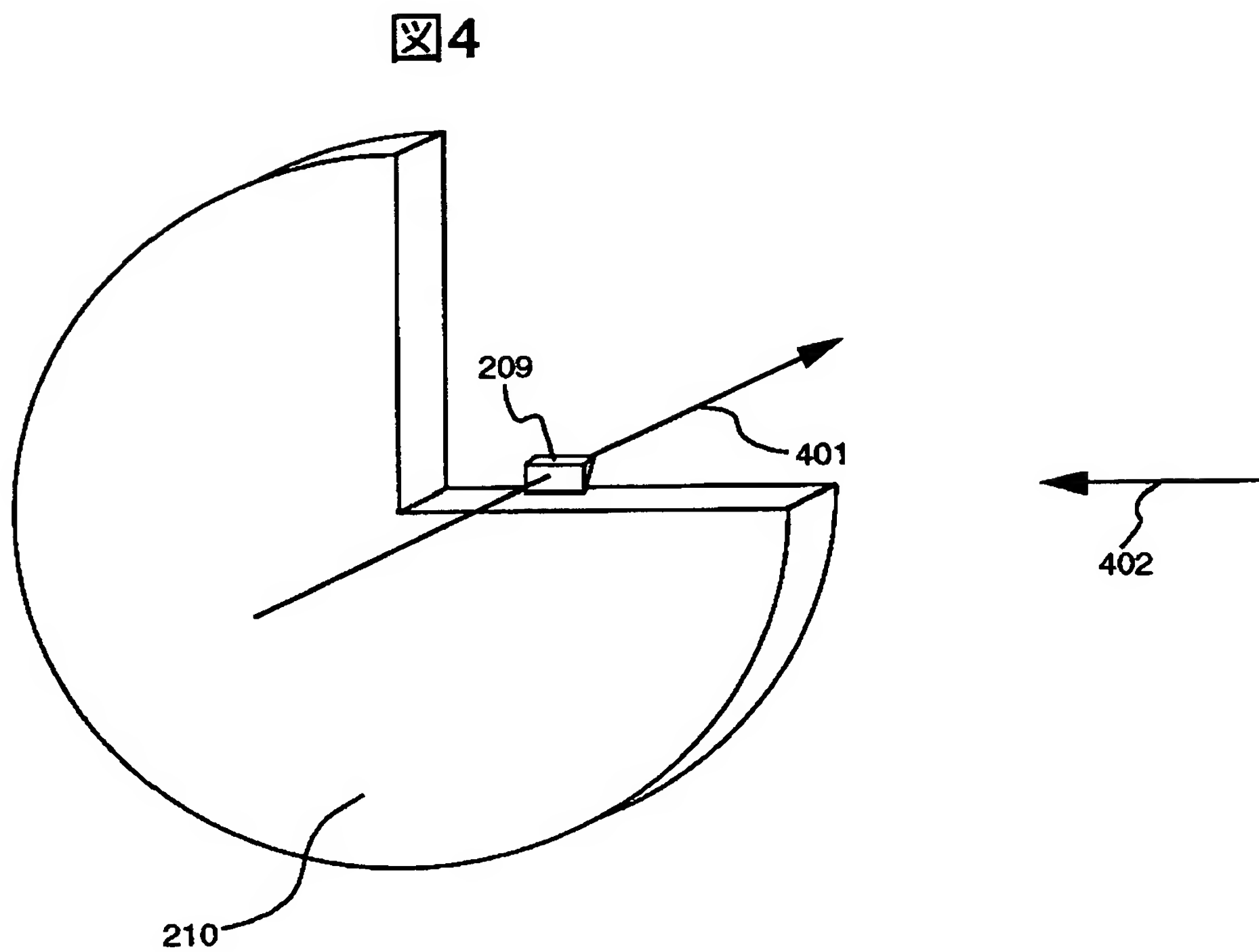


【図 3】

図3

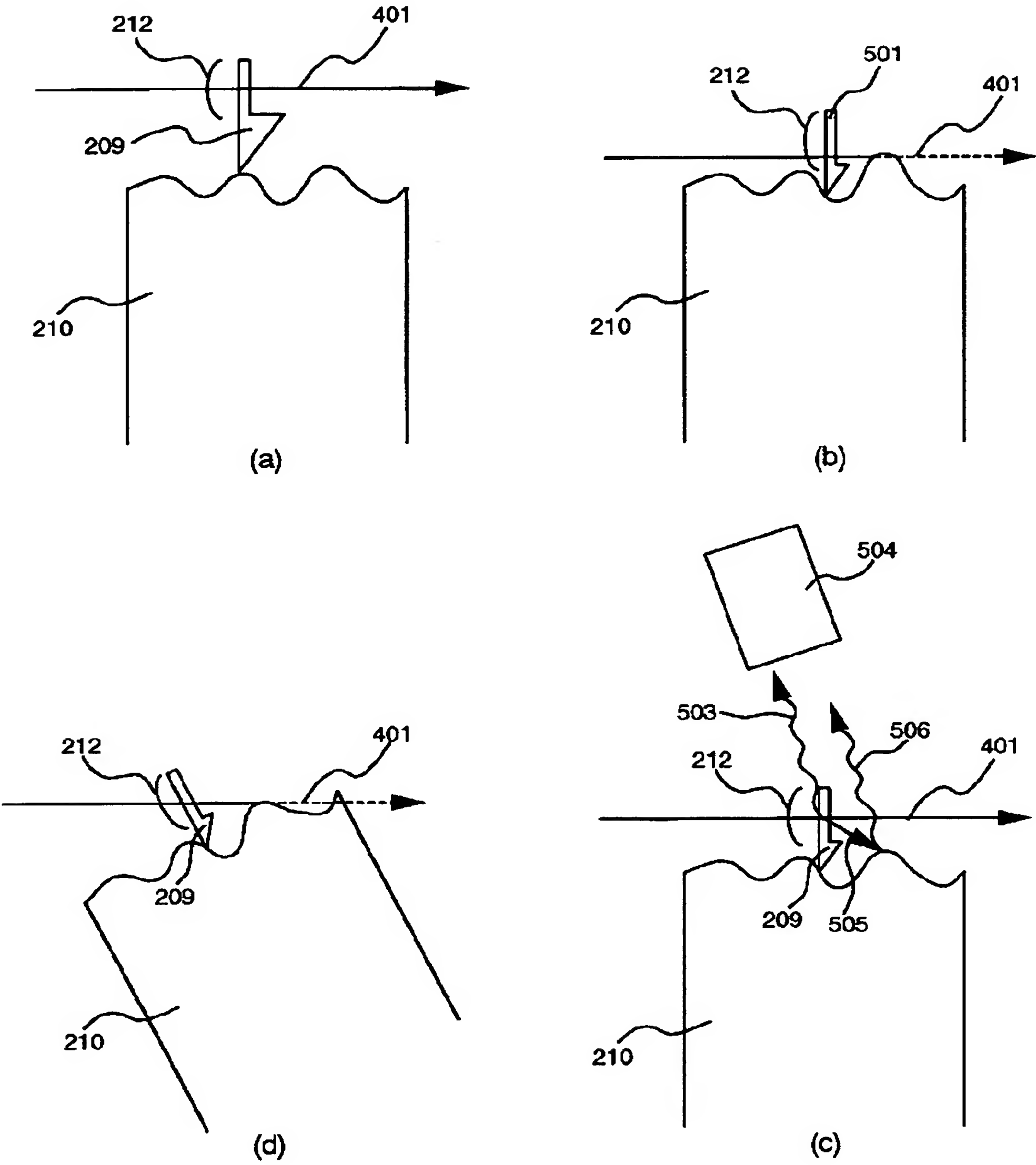


【図 4】



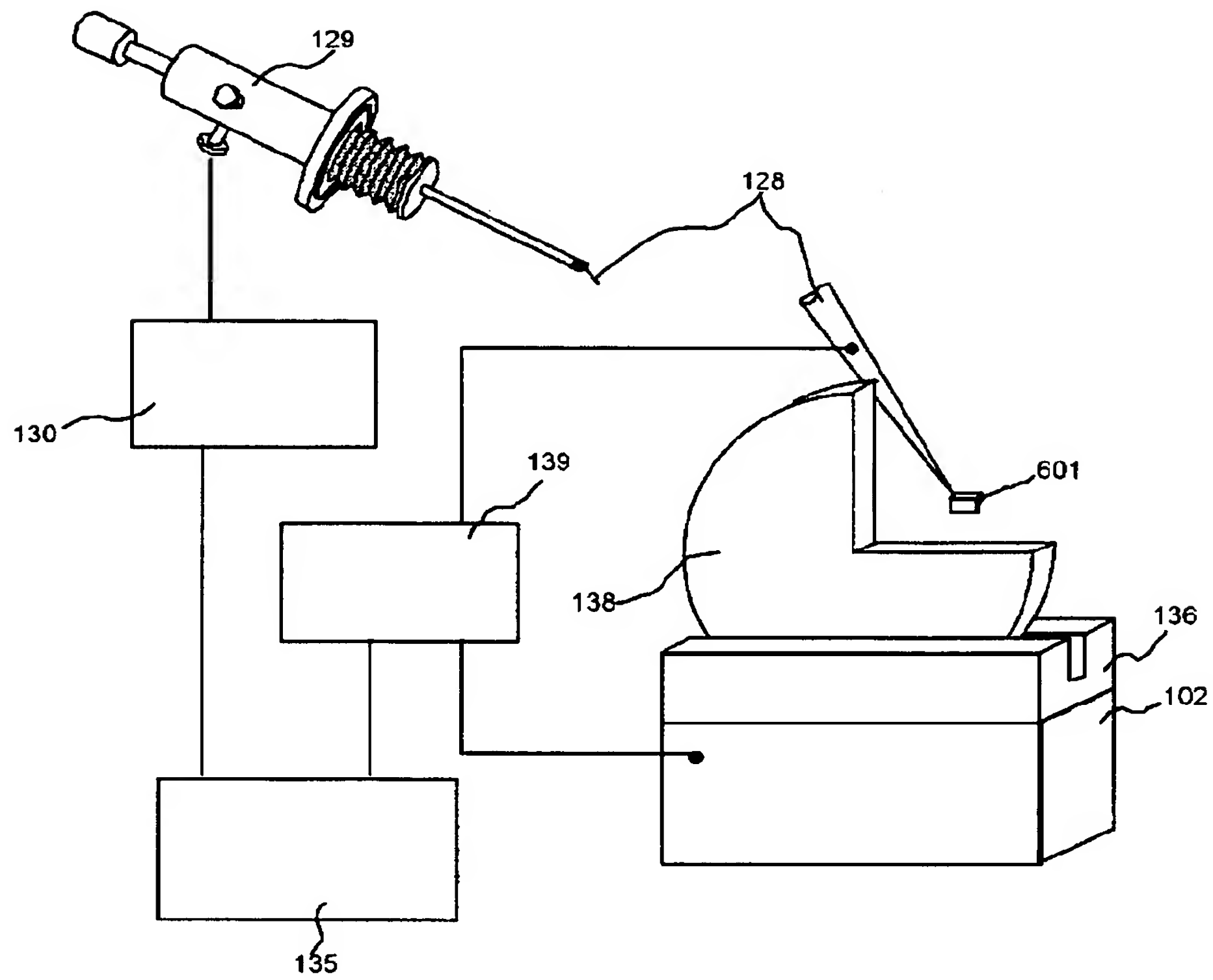
【図 5】

図5

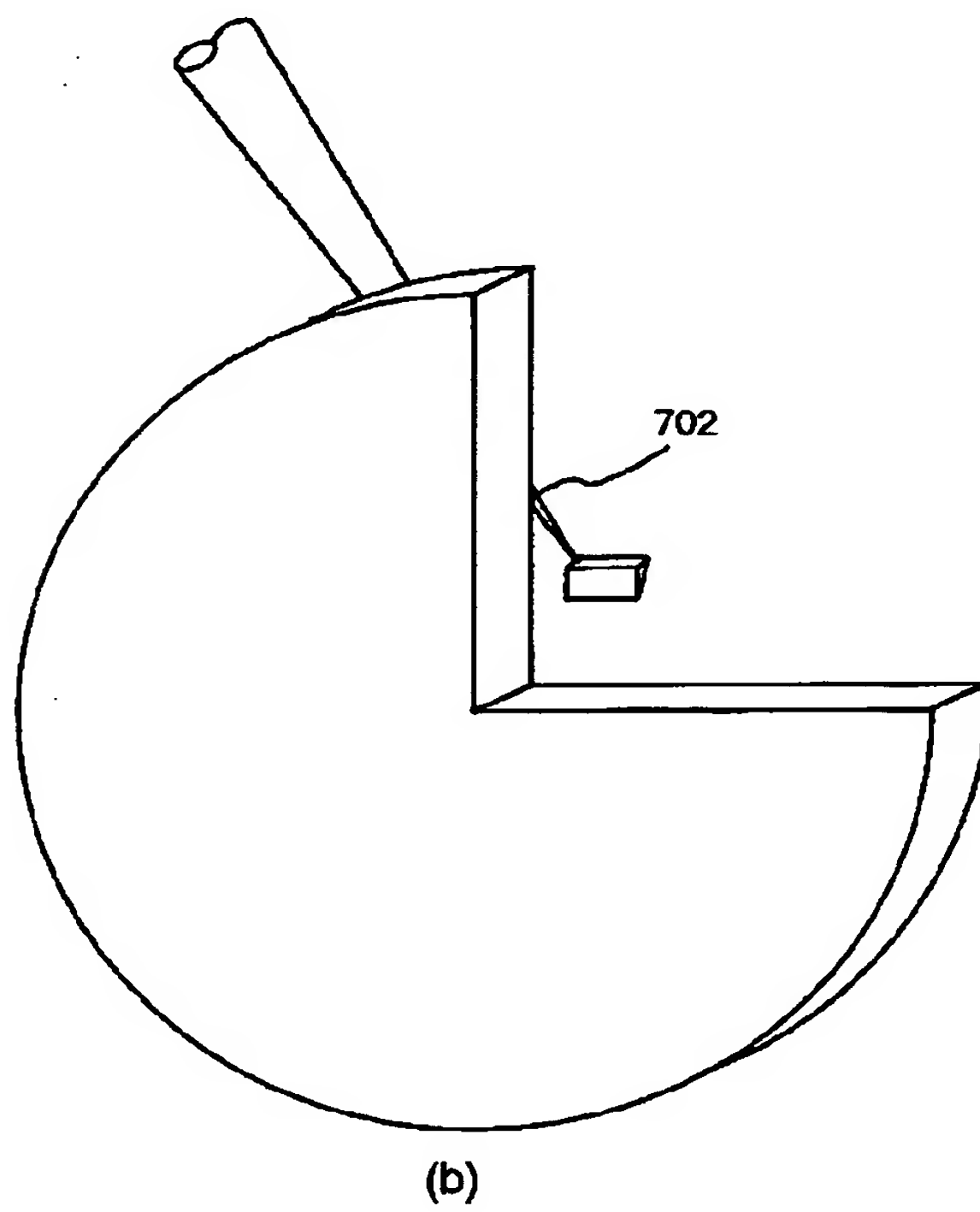
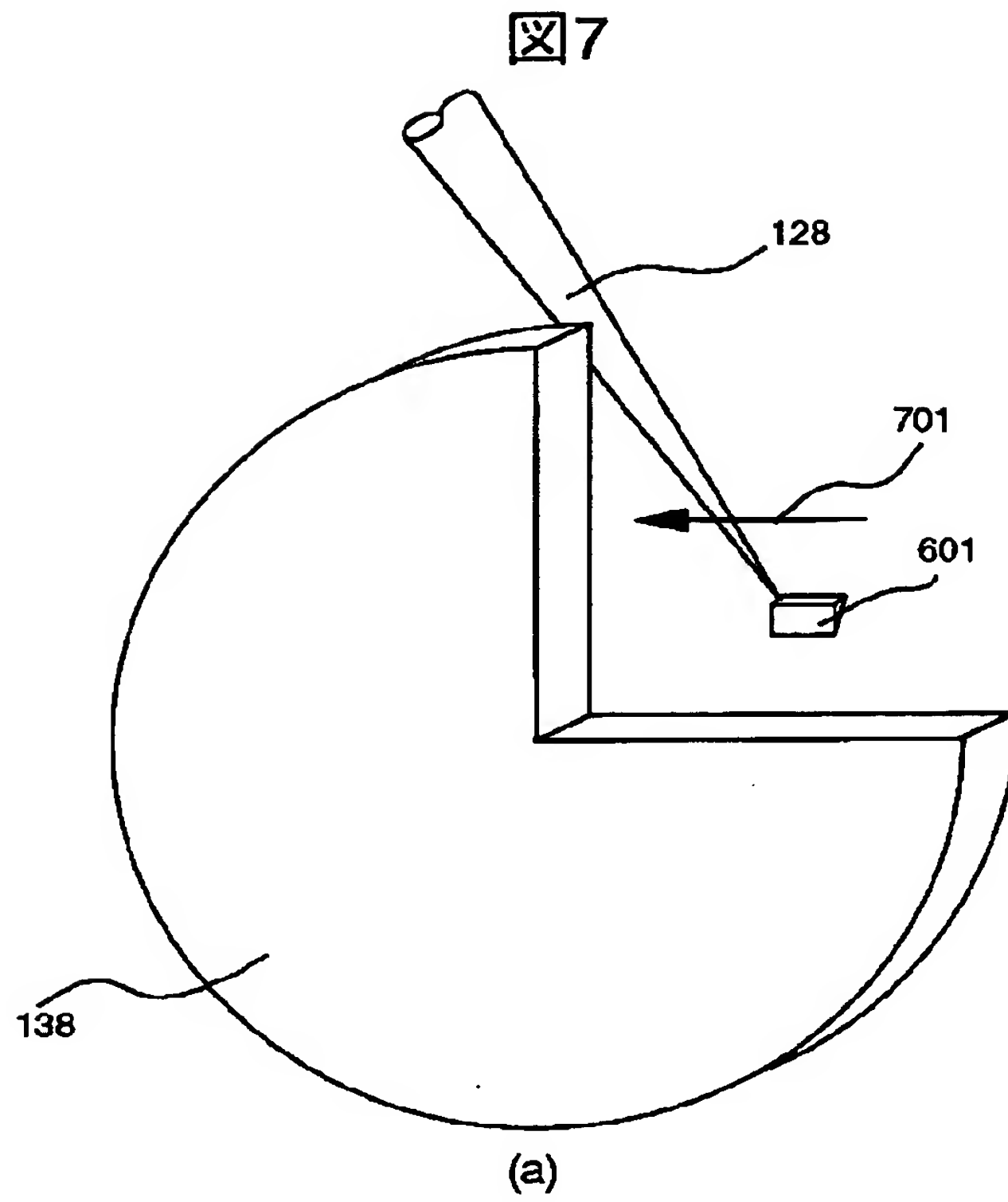


【図 6】

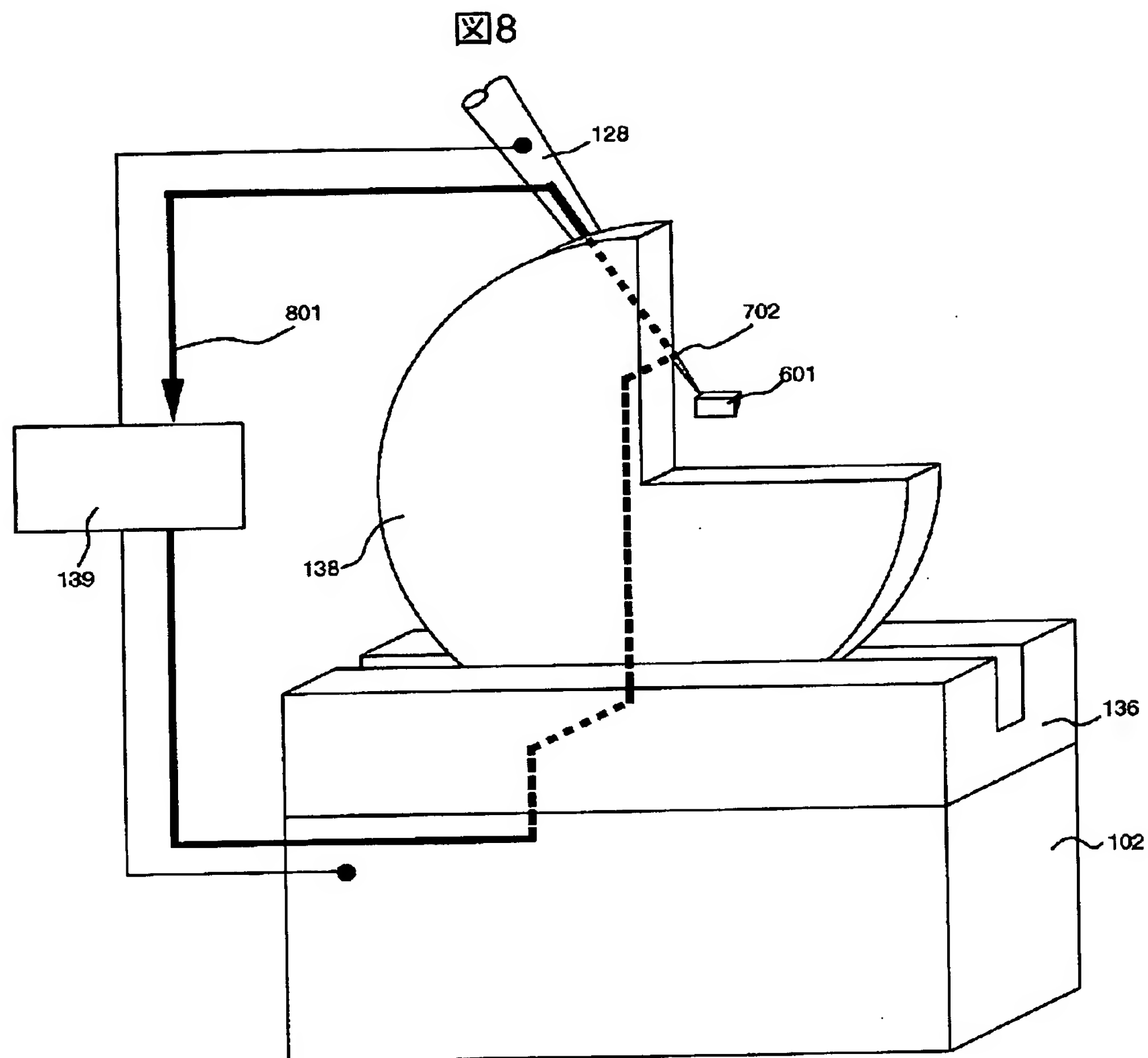
図6



【図 7】

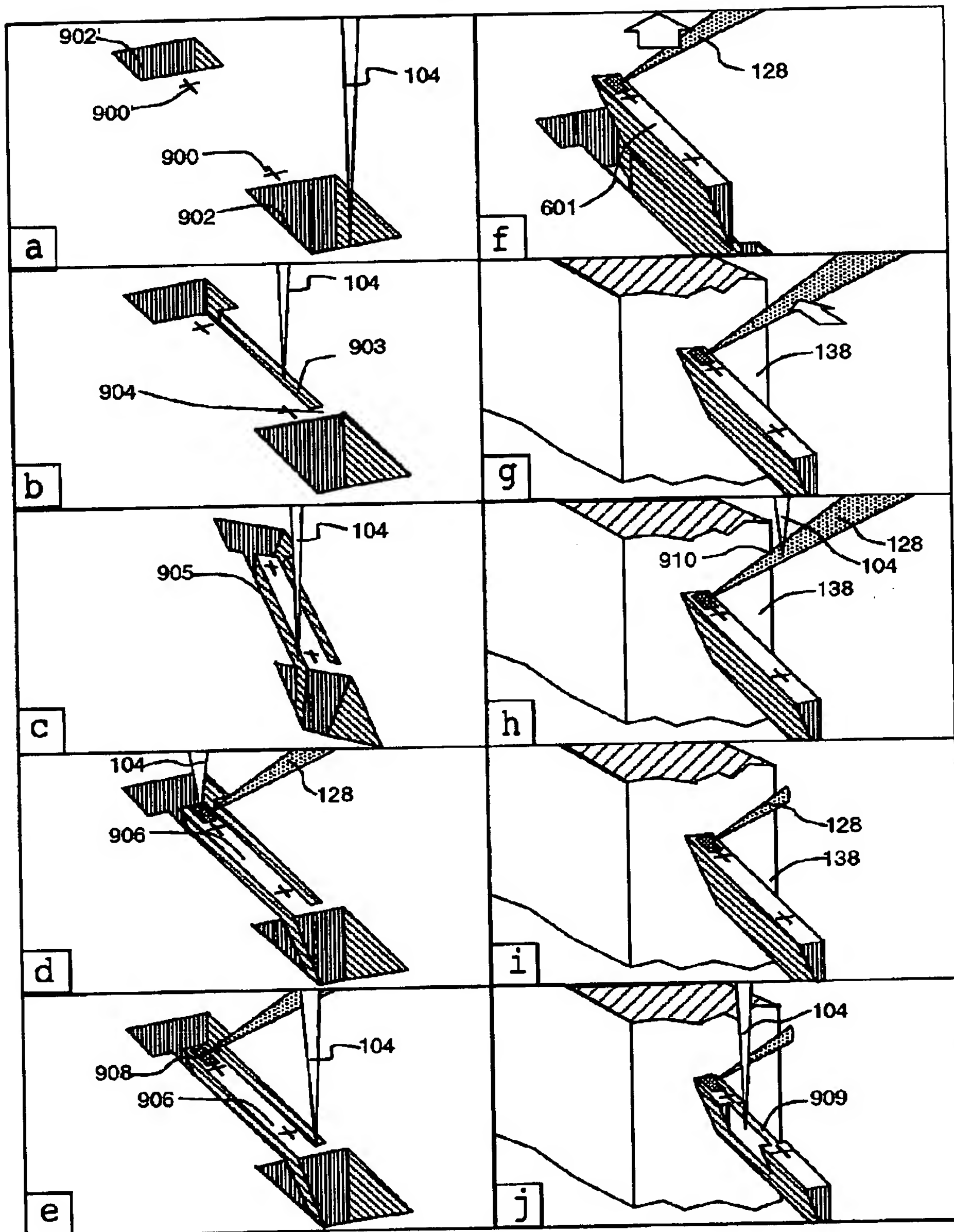


【図 8】



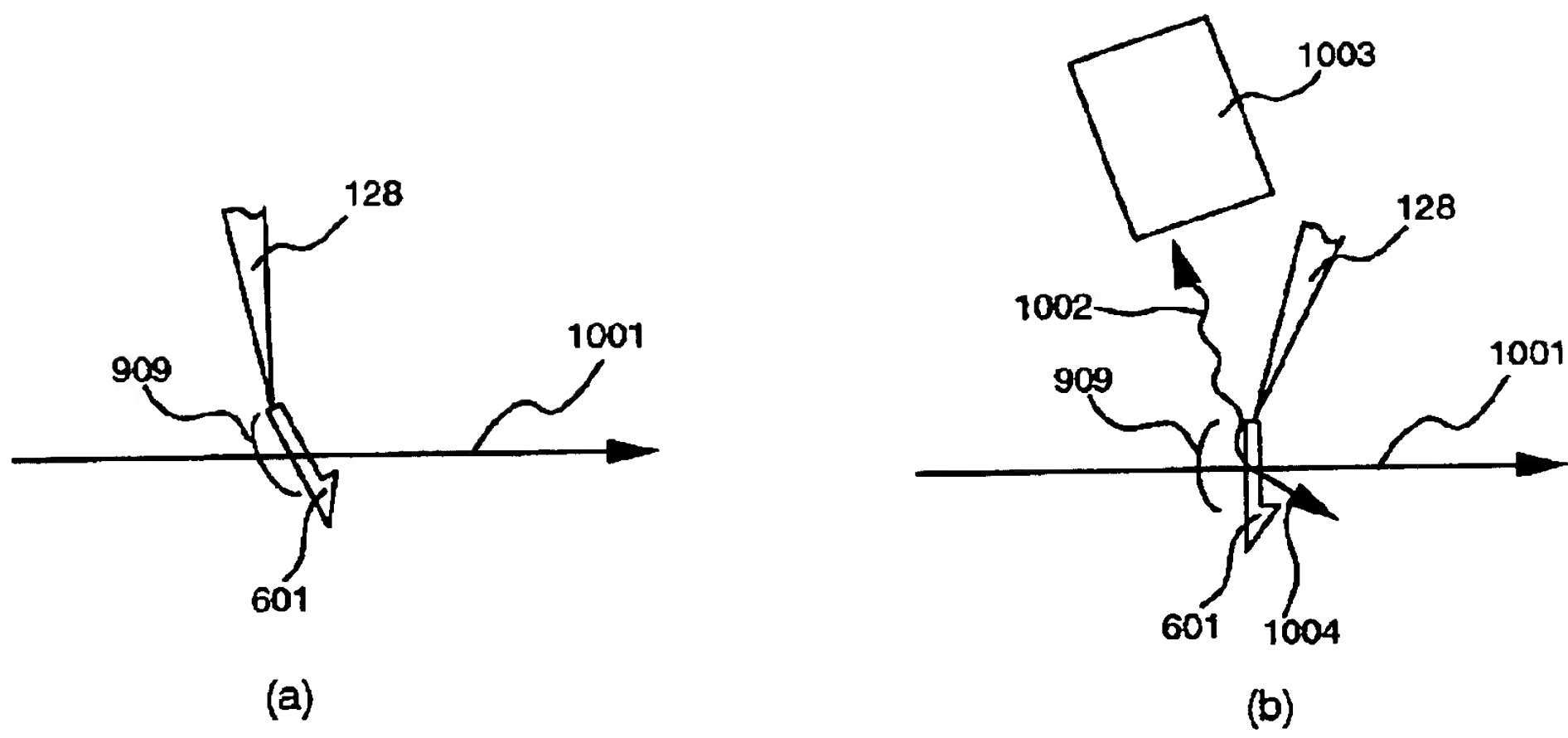
【図 9】

図9



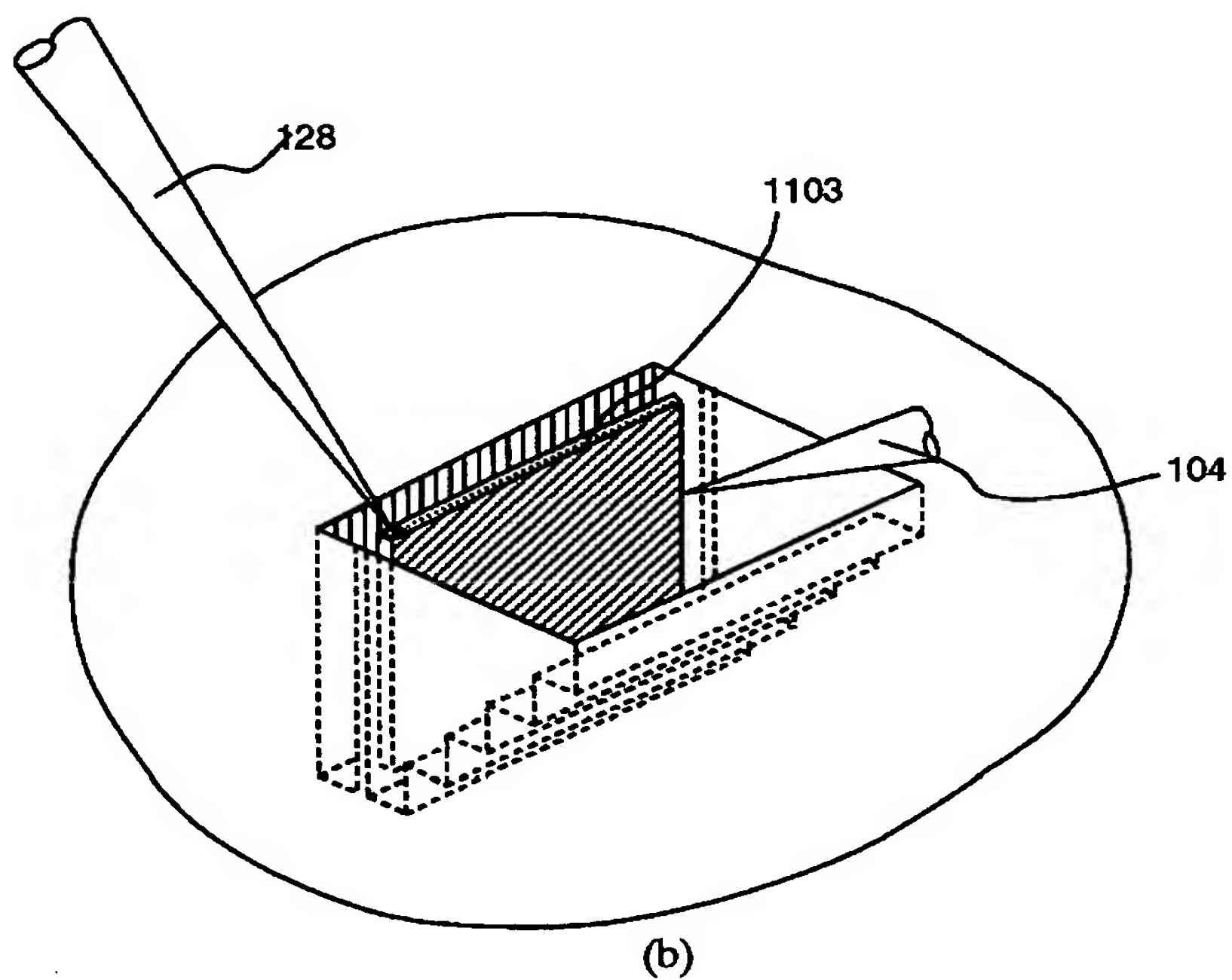
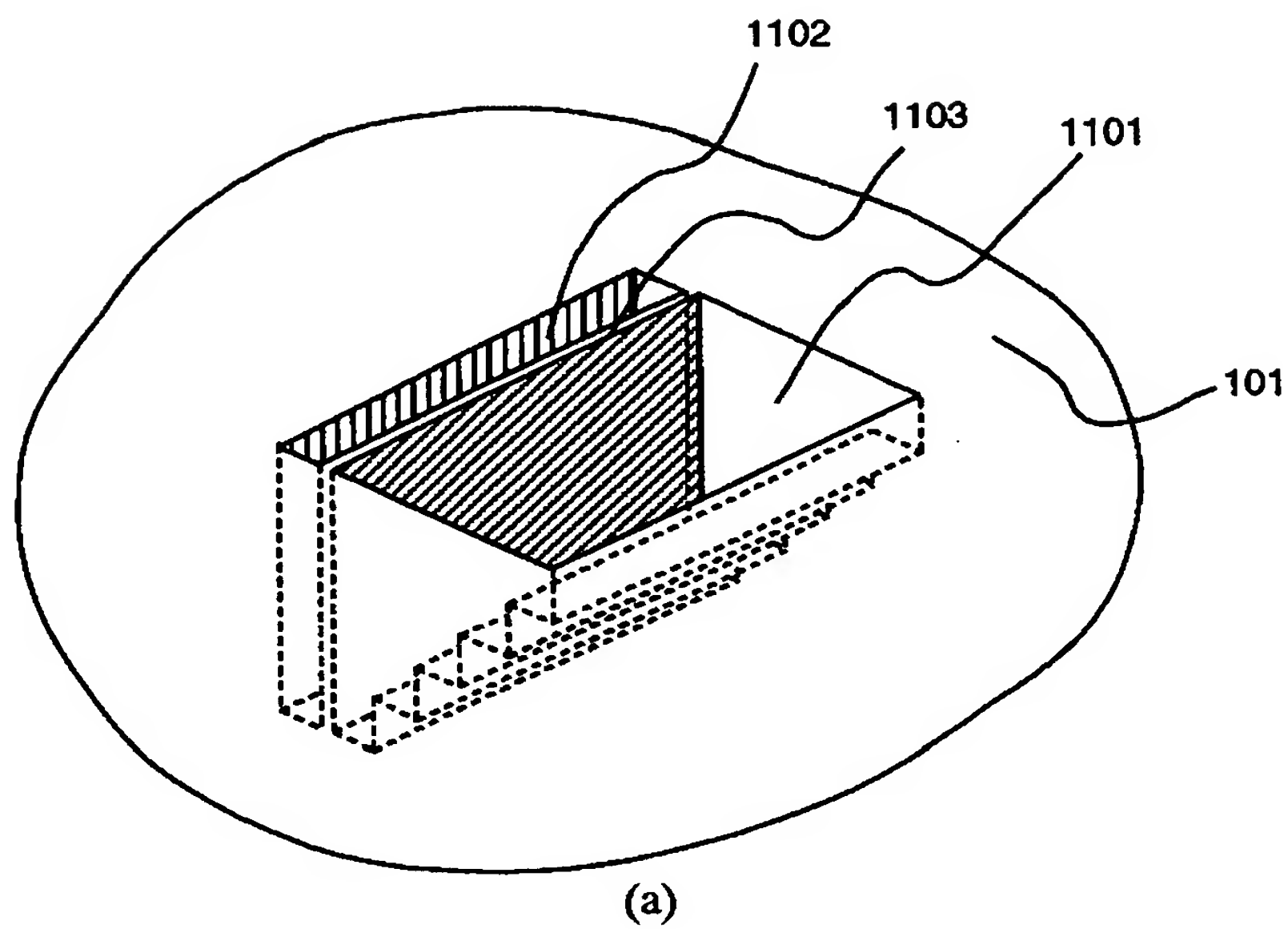
【図 10】

図10

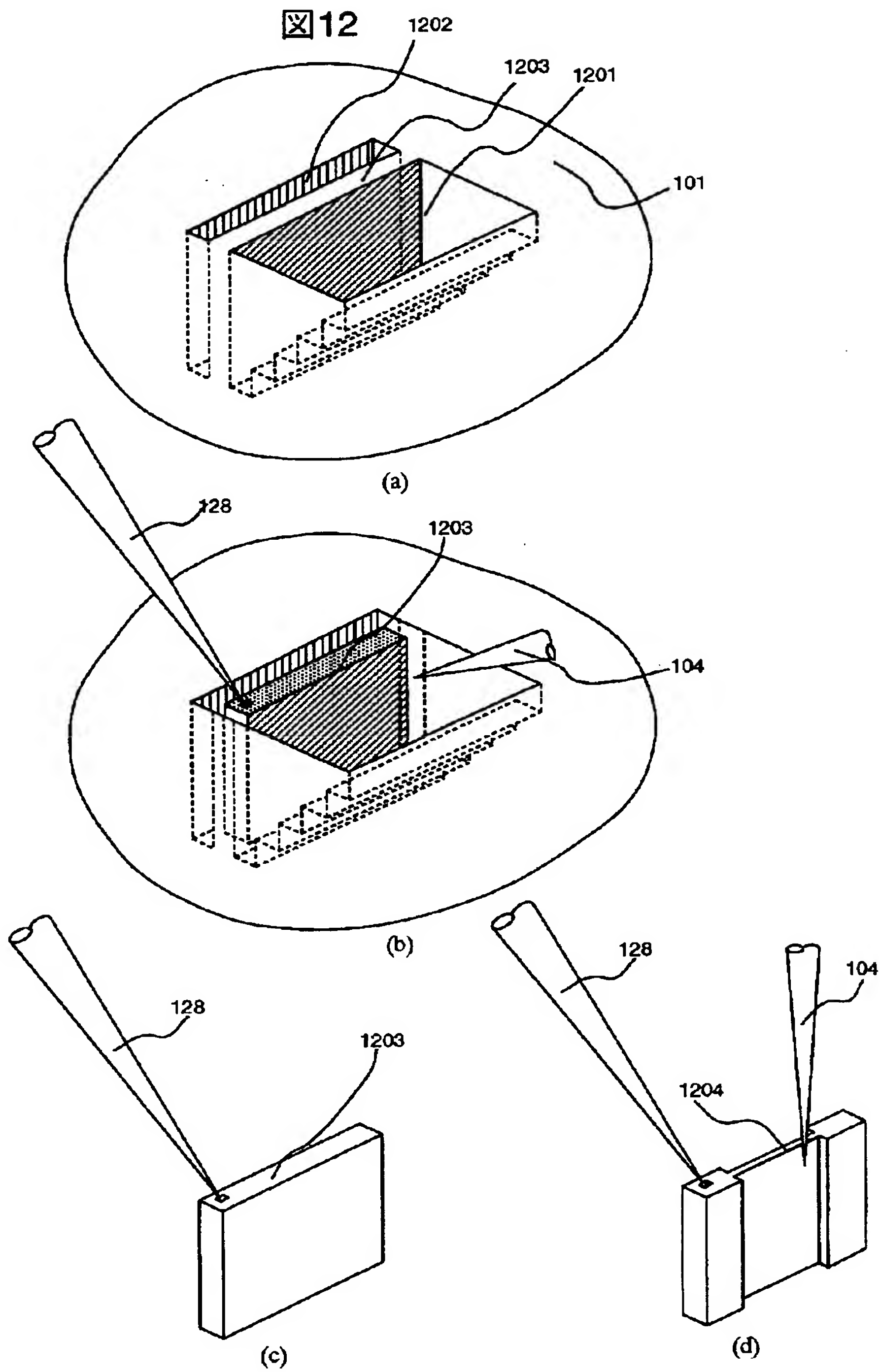


【図 11】

図 11

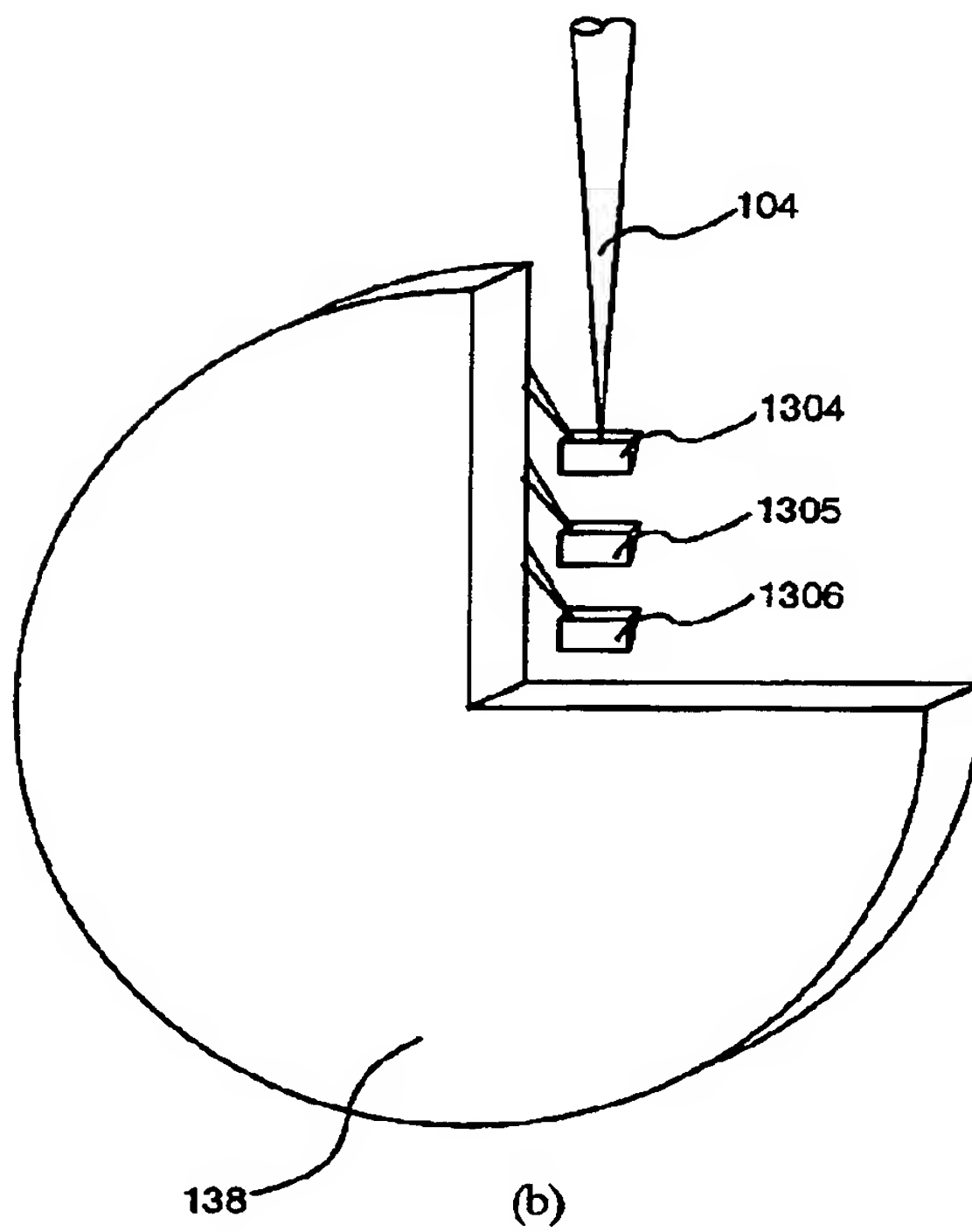
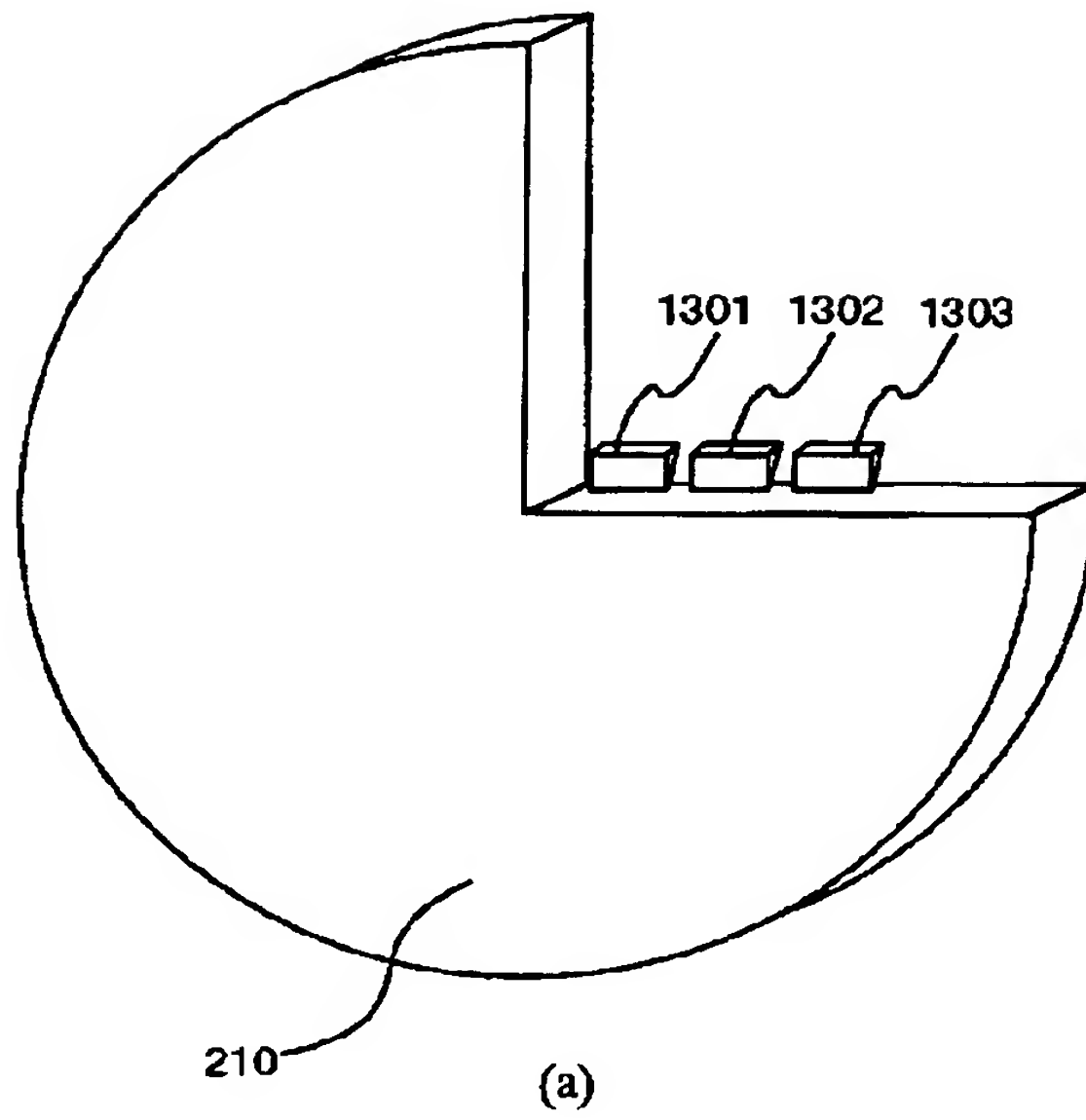


【図 12】

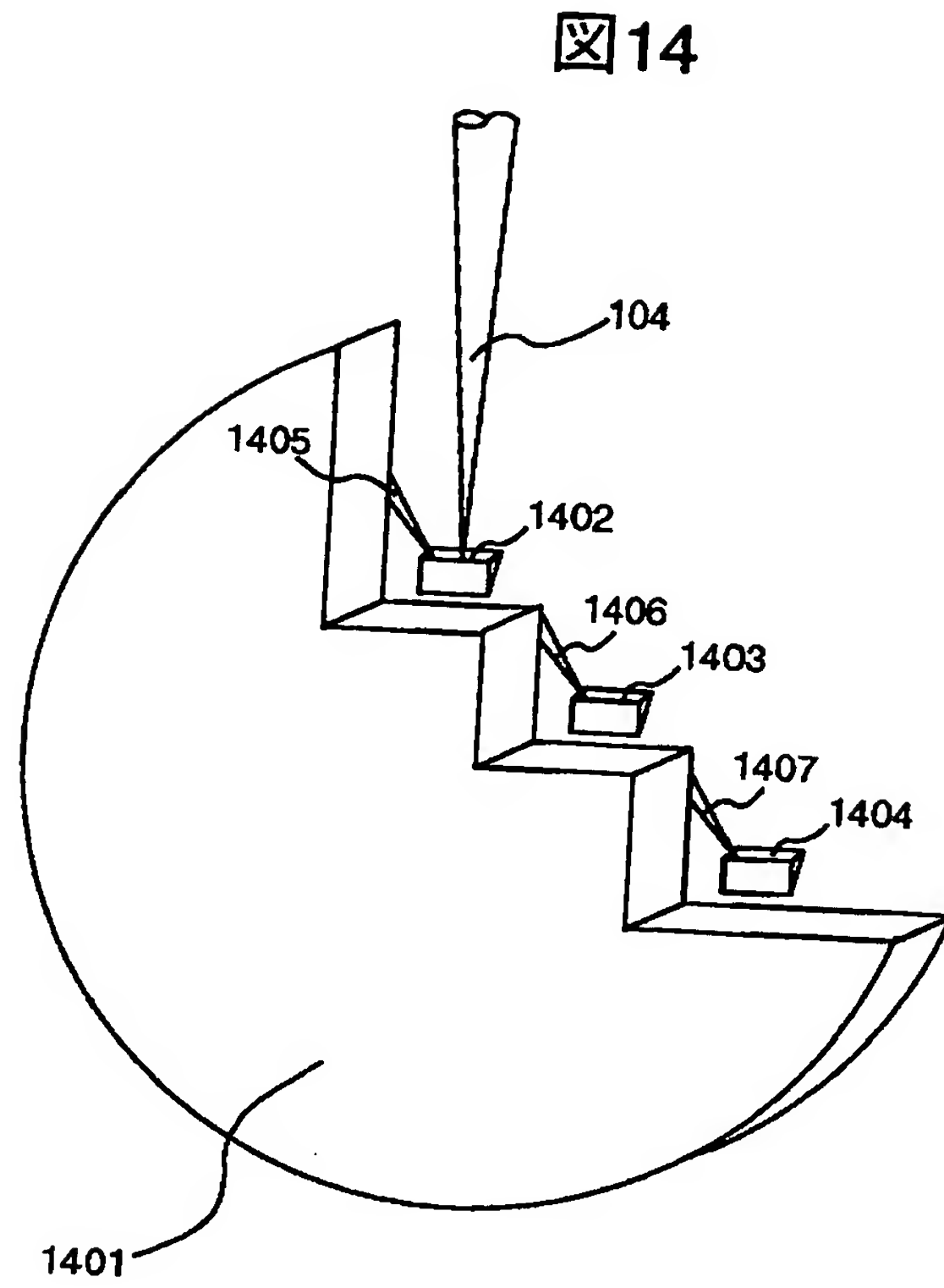


【図 13】

図 13

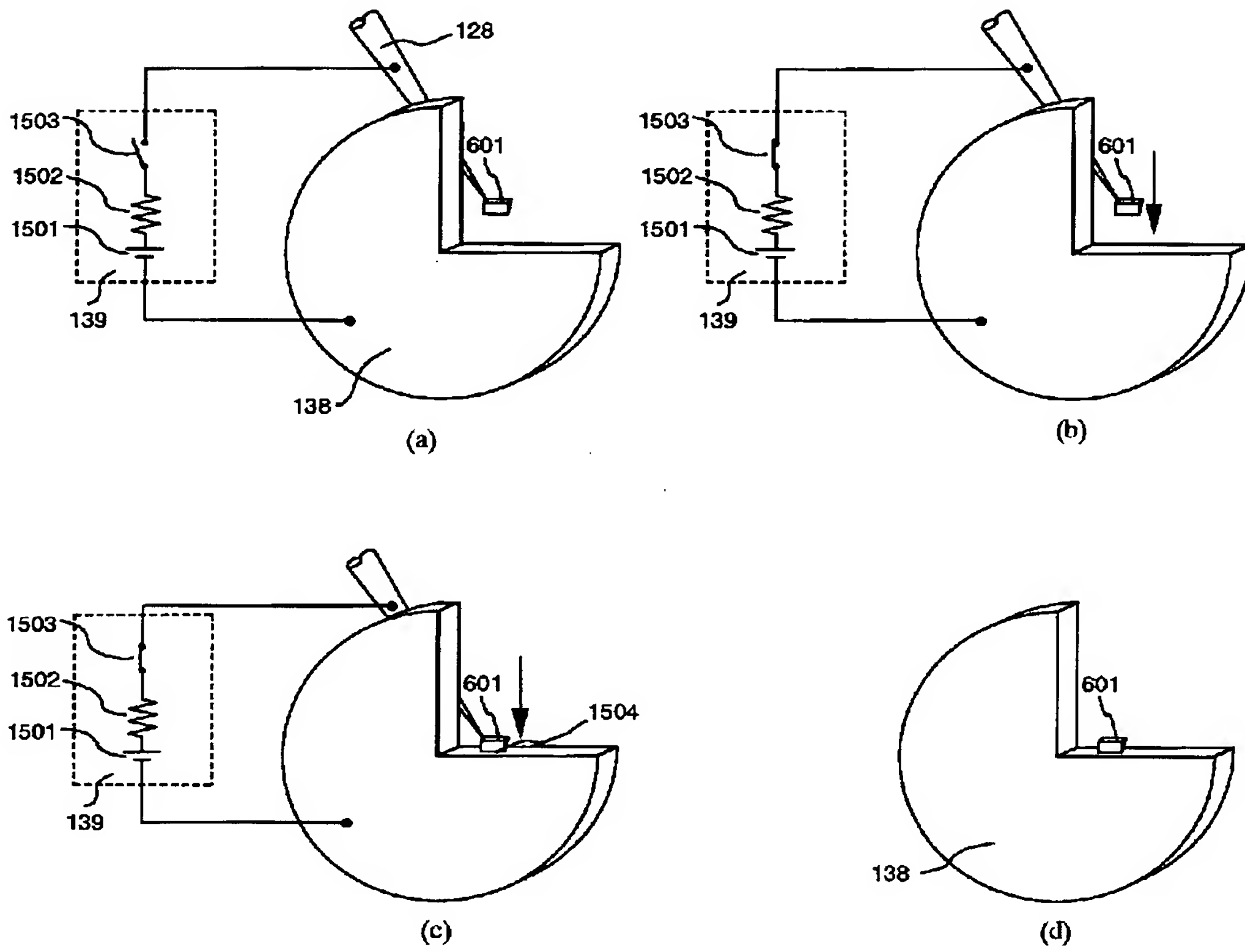


【図 14】



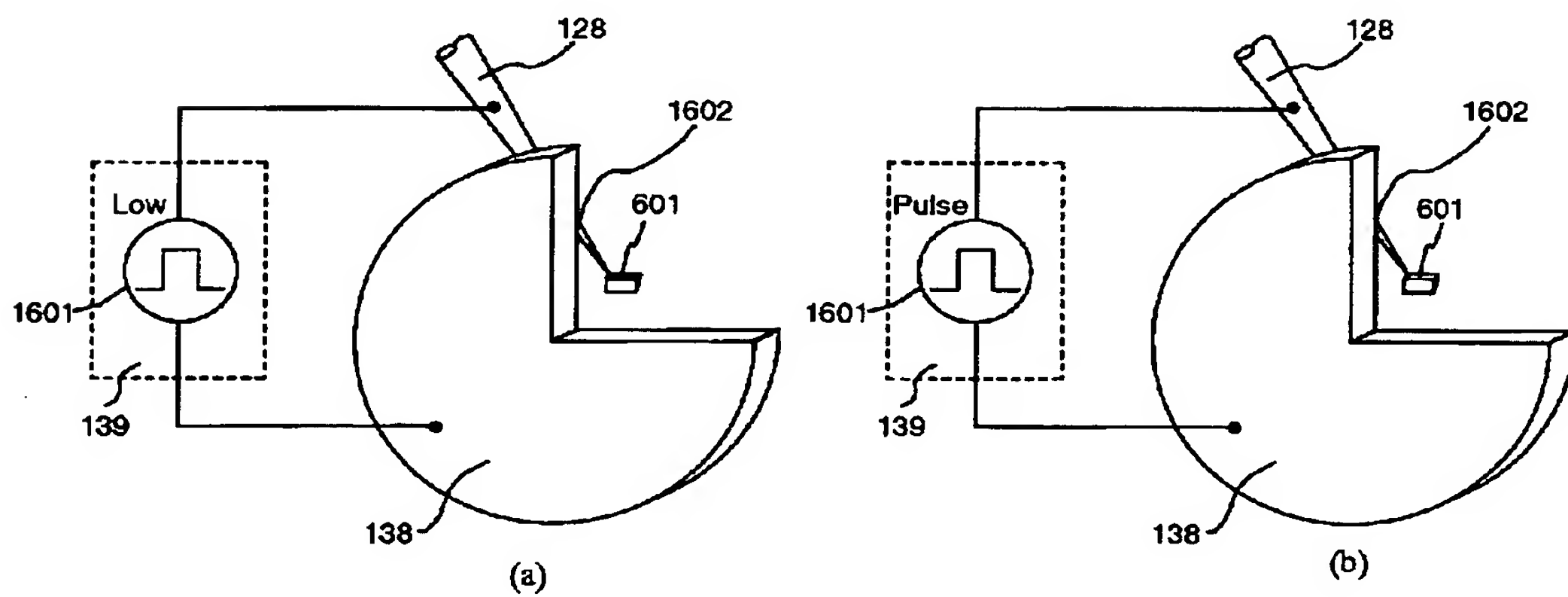
【図 15】

図15



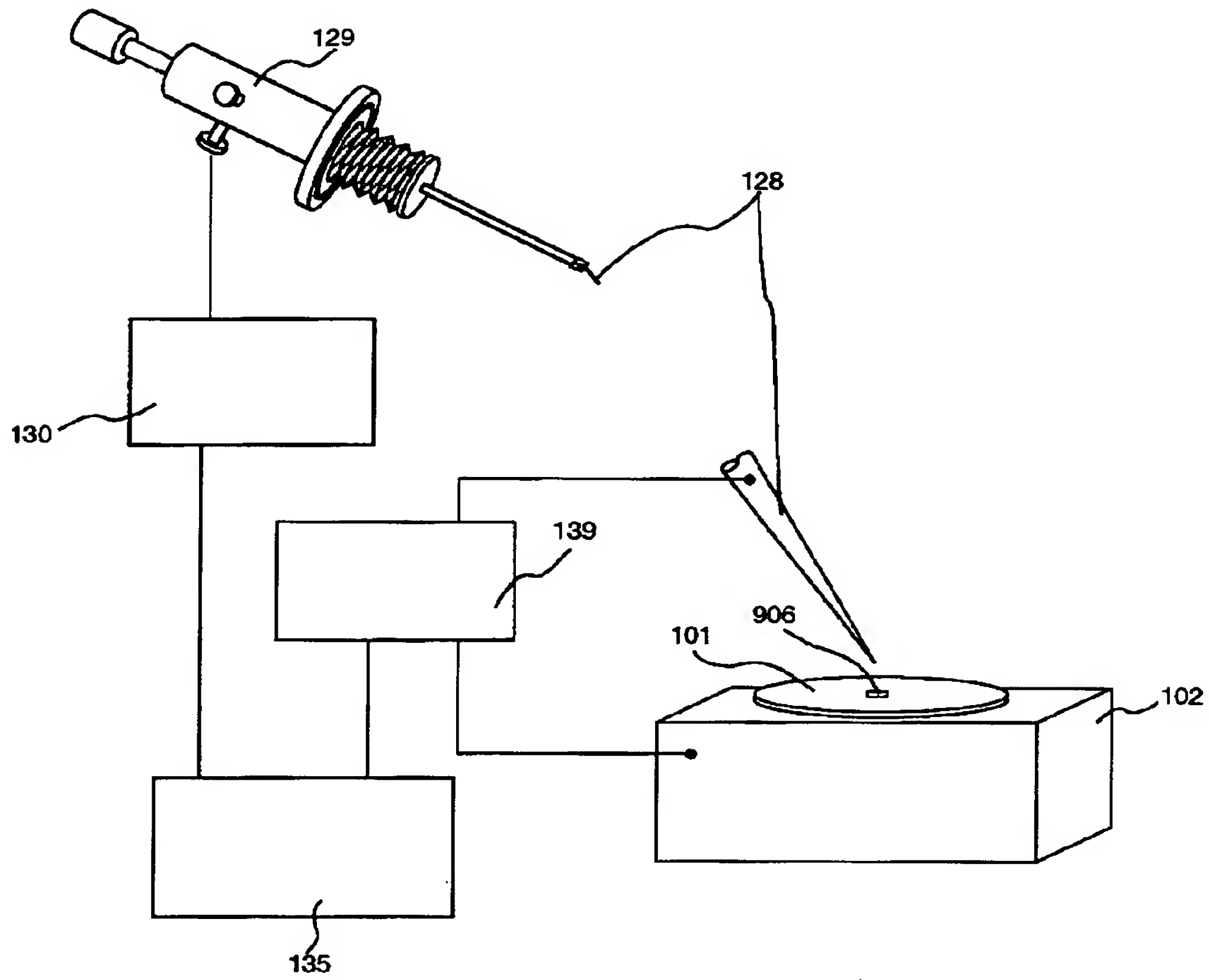
【図 16】

図16



【図 17】

図 17



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 解析用試料作製において、微小試料を変質させる可能性が少なく短時間で微小試料を試料ホルダに固定可能であり、微小試料の加工体積を小さくしても T E M 観察や E D X 分析に問題がない試料作製装置および方法を提供する。

【解決手段】 イオンビーム 1 0 4 加工により作製した微小試料をプローブ 1 2 8 で摘出し、その状態でプローブ通電回路 1 3 9 によりプローブ 1 2 8 と微小試料ホルダ 1 3 8 間に電圧を印加する。その後、プローブ位置制御装置 1 3 0 によりプローブ駆動装置 1 2 9 を移動させ、プローブ 1 2 8 の先端から 5 μ m 程度根元側の部分を微小試料ホルダ 1 3 8 の耳部端面に接近させることにより、通電溶接によりプローブ 1 2 8 と微小試料ホルダ 1 3 8 が接合点において固定される。次にプローブ 1 2 8 の接合点よりも根元側をイオンビーム 1 0 4 で切断することにより、微小試料はプローブ 1 2 8 の先端を介して微小試料ホルダ 1 3 8 への固定が完了する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 0 1 6 6 5
受付番号	5 0 3 0 0 0 1 3 8 0 9
書類名	特許願
担当官	森吉 美智枝 7 5 7 7
作成日	平成 1 5 年 2 月 1 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 1月 8日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 0 1 6 6 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 3 8 7 8 3 9]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 1 0 月 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号

氏 名

株式会社日立ハイテクノロジーズ